

Influência da pré-extração, com licor residual, na polpação kraft de bambu

MFN -0619

N CHAMADA:

TITULO: Influência da pré-extração, com licor residual, na polpação kraft de bambu

AUTOR(ES): GOMIDE, J.L.COLODETTE, J.L.VIVONE, R.R.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 02.2. Cozimento da Celulose

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 17

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 19-23.11.1984

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1984, ABTCP

PAG/VOLUME: p.187-210, v.1

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 17, 1984, São Paulo, v.1, p.187-210

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: bambu, processo kraft

RESUMO:

INFLUÊNCIA DA PRÉ-EXTRAÇÃO, COM LICOR RESIDUAL,  
NA POLPAÇÃO KRAFT DE BAMBU

---



GOMIDE, J.L.

Departamento de Engenharia Florestal da UFV - 36570, Viçosa, MG - Brasil

COLODETTE, J.L.

Departamento de Engenharia Florestal da UFV - 36570, Viçosa, MG - Brasil

VIVONE, R.R.

Indústria de Papéis Santo Amaro - INPASA - 40.000, Salvador, BA - Brasil

### Resumo

Foi estudada a influência de um estágio de pré-extração, com licor residual, na polpação kraft de *Bambusa vulgaris*. Foram analisadas quatro temperaturas de pré-extração (100, 120, 140 e 160°C) e quatro dosagens de álcali ativo na polpação kraft (8, 10, 12 e 14%). A pré-extração foi realizada com licor residual de indústria de polpação kraft de bambu. Os resultados obtidos demonstraram que o estágio de pré-extração diminui a exigência de álcali ativo no estágio kraft, o rendimento depurado e o teor de rejeitos, facilita a deslignificação kraft posterior, aumenta as resistências da polpa à tração e ao arrebentamento e aumenta ou diminui, dependendo das condições adotadas, a resistência ao rasgo e o alongamento.

### 1. Introdução

O desenvolvimento de tecnologia nacional nas áreas de polpação e de produção de papel com madeira de eucalipto permitiu que o Brasil se transformasse num dos maiores exportadores mundiais de celulose de fibras curtas. O Brasil, entretanto, apresenta deficit na produção de celulose de fibras longas e há necessidade de importação de quantidades substanciais dessa celulose para suprir o mercado interno.

O bambu, planta de crescimento extremamente rápido, apresenta potencial técnico para vir a constituir-se em importante fonte de matéria prima para produção de celulose de fibras longas, no País. Análises das características tecnológicas das fibras do bambu demonstram que essa matéria prima apresenta grande potencial para a produção de papéis de escrita e de impressão ou de papéis com elevadas resistências ao rasgo, à tração e ao arrebentamento, características necessárias à confecção de papéis industriais para embalagens (3, 7, 9, 10 e 11).

A produção de celulose de bambu no Brasil é, ainda, muito baixa, tendo representado, em 1982, 1,14% da produção total nacional e 4,12% da de fibras longas (1). Essa baixa produção pode ser explicada, entre outras razões, pela deficiência de informações tecnológicas referentes aos parâmetros de processamento industrial recomendáveis para essa matéria prima.

A utilização do bambu como matéria prima para produção de celulose de fibras longas tem despertado, principalmente nos últimos anos, crescente interesse no Brasil (3-13), como alternativa em potencial para 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.

ra, pelo menos parcialmente, suprir o déficit nacional de celulose de fibras longas. Para a concretização dessa potencialidade, entretanto, há necessidade de se desenvolver tecnologia específica para o bambu, o que requer a realização de estudos e pesquisas em nível de laboratório e posterior aplicação, após as necessárias adaptações, às condições industriais de processamento.

Estudos da constituição química do bambu demonstram alto teor de matérias extratáveis com solução de NaOH a 1% (5, 9, 13). Esses materiais, que podem alcançar teores superiores a 30% (9), são responsáveis por considerável consumo de álcali ativo utilizado na polpação kraft dessa matéria prima. Para que, após o consumo de álcali por esses materiais extratáveis, ainda permaneça um residual de álcali suficiente para as reações deslignificação, é necessário a utilização de níveis relativamente elevados de álcali ativo na polpação kraft do bambu. Esses altos níveis de álcali ativo poderão reagir mais intensamente com as cadeias de celulose, degradando-as e, conseqüentemente, afetando negativamente as propriedades de resistência da polpa celulósica. A remoção desses materiais extratáveis, utilizando um estágio de pré-extração, possibilitaria o uso de níveis mais baixos de álcali ativo durante a polpação, resultando em economia de álcali e, possivelmente, em propriedades de resistências mais elevadas.

O objetivo deste estudo foi analisar a influência de um estágio de pré-extração, com licor residual kraft, nas características de polpação e nas propriedades físico-mecânicas da polpa kraft de bambu.

## 2. Material e Métodos

Foi utilizado o *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl var. *vulgaris*, com 6,5 anos de idade, obtido de plantação industrial localizada no município de Santo Amaro, Bahia. Os cavacos de bambu foram amostrados, ao acaso, no pátio de estocagem de uma indústria de celulose e papel. Secados ao ar, a um teor de umidade de cerca de 12%, os cavacos foram classificados, manualmente, utilizando duas peneiras (32 x 32mm e 6 x 6mm de malha) e, a seguir, armazenados em sacos de polietileno, para conservação e uniformização do teor de umidade.

Os cavacos foram amostrados, ao acaso, transformados em serra-gem, por meio de moínho Wiley, que foi classificada (40/60mesh) e analisada quimicamente, segundo normas da ABCP (2).

Os estágios de pré-extração com licor residual foram realizados em autoclave rotativa, com capacidade de 20 litros, aquecida eletricamente. O licor residual utilizado, obtido de uma fábrica de celulose e papel que utiliza o bambu como matéria prima, apresentava as seguintes características, determinadas segundo SWARTZ (14): pH=13,43; teor de sólidos = 14,2%; NaOH, como Na<sub>2</sub>O = 6,97 g/l; Na<sub>2</sub>S, como Na<sub>2</sub>O = 3,17 g/l. As condições empregadas nos tratamentos de pré-extração foram as seguintes: cavacos=1000 g a.s.; temperaturas máximas = 100, 120, 140 e 160°C; tempos até temperatura = 40, 65, 80 e 95 minutos, respectivamente; tempo à temperatura = 30 minutos, relação licor/cavacos = 4,5/1. Todos os tratamentos de pré-extração foram realizados com 3 repetições. Após os tratamentos de pré-extração, os cavacos foram recolhidos em peneiras com malha de 80 mesh, lavados rapidamente, centrifugados, secados ao ar e armazenados em sacos de polietileno. Foram determinados o teor médio de umidade dos cavacos e os rendimentos da pré-extração. Os cavacos provenientes das três repetições de cada condição de pré-extração foram, a seguir, misturados, para realização da polpação kraft.

Os cavacos pré-extraídos foram submetidos a polpação kraft convencional, utilizando a mesma autoclave, após equipá-la com quatro reatores individuais, com capacidade de 2 litros cada um, possibilitando a realização de quatro cozimentos simultâneos. Todos os cozimentos

kraft foram realizados com duas repetições, utilizando-se as seguintes condições: cavacos = 300 g a.s.; álcalis ativos, como  $\text{Na}_2\text{O}$  = 8, 10, 12 e 14%; sulfidez = 25%; temperatura máxima =  $170^\circ\text{C}$ ; tempo até temperatura = 100 min; tempo à temperatura = 50 min; relação licor/cavaco =  $4,8/1$ .

Foram, também, realizados cozimentos kraft convencionais, utilizando as mesmas condições que as empregadas para os cavacos pré-extraídos, para servirem de termos de comparação (testemunha) na análise do processo kraft com pré-extração.

Feitos os cozimentos kraft, os cavacos foram desfibrados em moinho de discos Bauer, com separação entre discos de 0,32mm, e as polpas foram depuradas num classificador laboratorial Voith, dotado de tela com fendas de 0,2mm de abertura. As análises das polpas foram realizadas segundo as normas da ABCP (2). Os refinamentos das polpas foram realizados em moinho centrifugal Jockro, na consistência de 6%, e a confecção de folhas para testes físico-mecânicos, em formador KÜthen-Rapid.

Os resultados obtidos foram interpretados estatisticamente, por meio de análise de regressão. A melhor equação para cada propriedade foi selecionada, considerando-se a significância dos coeficientes individuais de regressão ( $\alpha = 0,05$ ), a redução do quadrado médio do erro, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a análise dos resíduos.

### 3. Resultados e Discussão

No Quadro I são apresentadas as equações referentes aos vários parâmetros analisados. Nessas equações, o rendimento, total e depurado, e os teores de rejeitos referem-se aos valores obtidos especificamente para o processo kraft, sem considerar o rendimento do estágio de pré-extração.

#### 3.1. Análise química do *Bambusa vulgaris*

Os resultados das análises químicas do *B. vulgaris* estão apresentados no Quadro II. O *B. vulgaris* apresentou elevado teor de cinzas (2,4%) e teores relativamente elevados de pentosanas e de lignina (18,0 e 24,4%, respectivamente). Os teores de substâncias extratáveis com água fria e quente foram elevados (4,4 e 9,3%, respectivamente) e a solubilidade em solução aquosa de NaOH 1% foi excepcionalmente elevada, cerca de 30%. A remoção parcial dessas substâncias extratáveis, utilizando um estágio de pré-extração alcalina, deverá, possivelmente, facilitar o processamento posterior de polpação dos cavacos e, talvez, favorecer as propriedades de resistência da polpa de *B. vulgaris*.

#### 3.2. Rendimento dos estágios de pré-extração

Na Figura 1 é mostrado o efeito da temperatura de pré-extração no rendimento dos cavacos, ou seja, na remoção de substâncias constituintes do bambu. Por causa das condições de alcalinidade relativamente elevadas do licor residual (pH = 13,43), além da remoção de extrativos, ocorreu, provavelmente, principalmente nas temperaturas mais elevadas de pré-extração, degradação e solubilização dos constituintes estruturais das fibras (celulose, hemicelulose e lignina) mais acessíveis, o que deverá facilitar a posterior deslignificação pelo processo kraft. Apesar de terem sido utilizadas temperaturas elevadas, a extração máxima atingida foi de 23%, quando foi utilizado  $160^\circ\text{C}$ .

#### 3.3. Deslignificação e rendimento em polpa

A utilização de estágio de pré-extração favoreceu acentuadamente a deslignificação kraft, principalmente nos níveis mais baixos de

álcali ativo (Figura 2). Com 8% de álcali ativo, a polpação kraft convencional resultou em número kappa 77, enquanto a utilização de pré-extração causou pronunciado decréscimo na lignina residual, tendo os números kappa atingido valores de 25 a 40. A utilização de pré-extração poderá resultar em grande redução do álcali ativo na polpação kraft. Por exemplo, para obtenção de polpas com número kappa 40, poderá ser utilizado o processo kraft convencional, com 11,6% de álcali ativo, ou o processo kraft com pré-extração a 100°C, reduzindo-se o álcali ativo para 8%. Essa redução corresponde a uma economia de cerca de 30% de álcali ativo. Caso essa economia de álcali ativo não seja de grande importância no processamento industrial, poderão ser utilizados álcalis ativos mais elevados e diminuir o tempo de cozimento kraft, compensado, parcialmente, o período de tempo despendido na pré-extração.

A utilização do estágio de pré-extração resultou em considerável diminuição do rendimento, total e depurado (Figuras 3 e 4), e do teor de rejeitos (Figura 5). Os rendimentos e os teores de rejeitos foram calculados em relação ao peso inicial dos cavacos, considerando-se os rendimentos dos estágios de pré-extração. A um mesmo nível de número kappa, a pré-extração também afetou desfavoravelmente o rendimento depurado (Figura 6). Para a produção de polpa com número kappa 40, por exemplo, o processo kraft convencional resultou em rendimento depurado de 39,6%, enquanto o uso de pré-extração a 100°C reduziu esse rendimento para 37,8%. Em níveis mais baixos de número kappa essa diferença foi menos acentuada.

#### 3.4. Refinamento

A utilização de estágios de pré-extração afetou desfavoravelmente o rendimento das polpas, tornando-as mais difíceis de serem refinadas. Esse efeito desfavorável foi observado em todas as temperaturas de pré-extração utilizadas. Na Figura 7 é mostrada a influência da temperatura de pré-extração no refinamento das polpas kraft produzidas com 12% de álcali ativo. Nos outros níveis de álcalis ativos estudados (8, 10 e 14%), influência semelhante foi observada.

#### 3.5. Propriedades físico-mecânicas

Nas Figuras 8 a 11 são apresentados os efeitos estimados do grau de refino nas resistências e no alongamento das polpas de *B. vulgaris*, produzidas com o processo kraft convencional, em diferentes dosagens de álcali ativo. Com exceção do comprimento de auto-ruptura, as resistências e o alongamento das polpas de *B. vulgaris* foram favorecidas pelo uso de cargas mais elevadas de álcali ativo, ou seja, pela remoção mais intensa de lignina. A resistência à tração aumentou com a elevação de álcali ativo de 8 para 10% e, em cargas alcalinas superiores, a resistência decresceu.

As polpas de *B. vulgaris* apresentaram altas resistências, tendo a polpa produzida com 14% de álcali ativo (número kappa = 19) apresentado índice de rasgo máximo igual a 337. Essa polpa, entretanto, apresentou rendimento depurado relativamente baixo (36,7%), em comparação com a polpa produzida com 10% de álcali ativo (índice de rasgo máximo = 225 e rendimento depurado = 40,1%).

A influência da pré-extração nas propriedades da polpa kraft de *B. vulgaris* foi analisada nos níveis de 20 e 40°SR. A influência em outros níveis de refinamento poderá ser obtida utilizando-se os modelos matemáticos apresentados no Quadro I.

Os tratamentos de pré-extração favoreceram a resistência à tração das polpas (Figura 12). Em geral, os maiores comprimentos de auto-ruptura foram obtidos nos tratamentos com pré-extração a 100 ou 120°C e níveis mais baixos de álcali ativo. Como as resistências obtidas com

pré-extração a 100°C foram, em geral, pouco inferiores ou iguais às obtidas com pré-extração a 120°C, para economia de tempo de cozimento e de energia, seria aconselhável utilizar pré-extração a 100°C e álcali ativo de 8 a 10%. Comparando-se o processo kraft convencional (referência) com o kraft antecedido por pré-extração, verifica-se que o uso de pré-extração, além de possibilitar economia de álcali ativo no cozimento, resultou em resistência à tração mais elevadas. Exemplificando, a 20<sup>o</sup> SR, o comprimento de auto-ruptura mais elevado do processo convencional foi de 5,6km, obtido com 10% de álcali ativo. Utilizando pré-extração a 100°C, foi obtida maior resistência (6,2km) com menor carga alcalina (8%), correspondendo a uma economia de 20% no álcali ativo e em comprimento de auto-ruptura 10% superior. Vantagens semelhantes foram observadas, também, a 40<sup>o</sup> SR.

As resistências ao arrebentamento das polpas de *B. vulgaris* foram favorecidas pelo estágio de pré-extração, conforme demonstrado na Figura 13. A 20<sup>o</sup> SR todas as temperaturas de pré-extração estudadas resultaram em índices de arrebentamento mais elevados que os do processo convencional, em todos os níveis de álcali ativo. O mesmo ocorreu a 40<sup>o</sup> SR, com exceção dos tratamentos de pré-extração a 140 e 160°C seguidos do cozimento kraft com 14% de álcali ativo e da pré-extração a 150°C seguida de polpação com 12% de álcali ativo. Nos cozimentos convencionais as maiores resistências ao arrebentamento foram obtidas com as dosagens mais elevadas de álcali ativo, enquanto o processo com pré-extração resultou em maiores resistências quando foram utilizados os níveis mais baixos de álcali ativo. Comparando-se os índices de arrebentamento, a 40<sup>o</sup> SR, das polpas produzidas pelo processo kraft convencional utilizando-se 14% de álcali ativo, com os das polpas kraft com pré-extração a 120°C e 8% de álcali ativo, verifica-se que o processo com pré-extração resultou em economia de 43% de álcali ativo e em polpa com índice de arrebentamento 10% superior. A 20<sup>o</sup> SR, nessas mesmas condições, além da economia de 43% no álcali ativo, o estágio de pré-extração resultou em polpa com resistência 22% superior.

O aumento da temperatura de pré-extração resultou, em geral, em alongamentos mais elevados, conforme mostrado na Figura 14. A 20<sup>o</sup> SR, pré-extrações com temperaturas iguais ou superiores a 120°C resultaram em polpas com alongamentos superiores aos do processo kraft convencional, em todos os níveis de álcali ativo. A 40<sup>o</sup> SR, o maior alongamento foi obtido pelo processo convencional com 14% de álcali ativo, seguido pela quase totalidade das condições do processo de pré-extração.

Na Figura 15 é mostrada a influência da temperatura de pré-extração na resistência ao rasgo das polpas de *B. vulgaris*, em diferentes dosagens de álcali ativo. A elevação da temperatura afetou essa resistência, tanto favorável como desfavoravelmente, dependendo do nível de álcali ativo e do grau de refino. A resistência mais elevada foi obtida no processo convencional com 14% de álcali ativo, tendo as pré-extrações apresentado influência adversa nesse nível de álcali ativo. Em níveis mais baixos de álcali ativo e a 20<sup>o</sup> SR, o estágio de pré-extração resultou em melhoria da resistência ao rasgo. A 40<sup>o</sup> SR, a utilização de pré-extração afetou desfavoravelmente a resistência ao rasgo, para um mesmo nível de álcali ativo, à exceção do nível de 8%.

#### 4. Conclusões

A utilização do estágio de pré-extração alcalina constitui grande desvantagem, por transformar o processo kraft convencional em processo de dois estágios, afetando negativamente a produção industrial. Neste estudo, realizado em escala laboratorial, foram utilizados dois estágios (pré-extração e kraft). Industrialmente, o processo poderá ser realizado num só estágio, removendo-se parcialmente o licor resi

dual após a pré-extração e completando-se a carga alcalina, pela injeção de licor branco concentrado, para obtenção do álcali ativo desejado para o estágio de polpação kraft. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a utilização de estágio de pré-extração com licor kraft residual apresenta algumas vantagens que poderão viabilizar sua utilização, dependendo das características técnicas e econômicas específicas de cada fábrica de celulose e da qualidade requerida para a polpa.

A análise dos resultados obtidos demonstra que, em comparação com o processo convencional, a inclusão de pré-extração alcalina no processo kraft resulta nas seguintes características:

- Afeta negativamente o rendimento depurado mas, para um mesmo nível de álcali ativo, diminui o teor de rejeitos.
- Aumenta as resistências da polpa à tração e ao arrebitamento.
- A resistência ao rasgo e o alongamento das polpas poderão ser superiores, dependendo do álcali ativo, do grau de refino e da temperatura da pré-extração.
- As temperaturas mais baixas de pré-extração (100 a 120°C) foram as que apresentaram, em geral, melhores resultados. Esta conclusão, entretanto, é válida apenas no aspecto global, não sendo aplicada a todas as propriedades isoladamente.
- Apesar de não ter sido determinado em laboratório, sendo necessário a realização de cozimentos industriais para confirmação, o pré-tratamento com licor residual poderá resultar em maior uniformidade das características e propriedades das polpas de cozimentos industriais.

## 5. Summary

This experiment was carried out to evaluate the effect of a pre-extraction stage on the kraft pulp characteristics of *Bambusa vulgaris*. A industrial kraft pulping spent liquor was utilized for the pre-extraction stage. Four pre-extraction temperatures (100, 120, 140, and 160°C) and four active alkali (8, 10, 12, and 14%) were tested. Usage of a pre-extraction stage resulted in lower active alkali demand for the kraft stage, lower rejects, lower screened yield, higher tensile and burst pulp strength and higher or lower tear strength depending on the pulping conditions adopted.

## 6. Literatura Citada

01. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, ed. *Relatório Estatístico*. São Paulo, 1982. 232p.
02. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Normas ABCP. São Paulo, s.d.
03. AZZINI, A.; NAGAI, V. & CIARAMELLO, D. Celulose monossulfito a partir de *Bambusa vulgaris* Schrad. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 11º, São Paulo, 1978. Livro Técnico, São Paulo, ABCP, 1978. p.67-71.
04. AZZINI, A. *Influência das dimensões dos cavacos de Bambusa vulgaris Schrad no rendimento, percentagem de rejeitos, número kappa e alvura*, 1976. Piracicaba, ESALQ, 47p. (Tese MS).
05. BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B. Produção de celulose sulfato a partir de misturas de madeiras de *Eucalyptus saligna* com pequenas proporções de cavacos de *Bambusa vulgaris vitatta*. *IPEF* (10):93-99. 1975.

06. CIARAMELLO, D. Bambu como matéria-prima para papel. Estudos de processos de cozimento em material de *Bambusa tulloides*, Munro. *Bragantia* (29):11-12. 1970.
07. CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Bambu como matéria-prima para papel. Estudos sobre o emprego de *Bambusa vulgaris* Schrad, *B. vulgaris* var. *vittata* *Bambusa oldhami* Munro, na produção de celulose sulfato. *O Papel* 32(2):33-40. 1971.
08. CORRÊA, A.A.; LUZ, C.N.R. & FRAZÃO, J.J.L. Características papeleiras dos bambus da região do Acre e da Amazônia. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 10ª, São Paulo, 1977. Livro Técnico, São Paulo, ABCP, 1977. p.97-112.
09. GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. & COLODETTE, J.L. Influência da idade do *Bambusa vulgaris* nas suas características químicas e anatómicas, visando à produção de polpa celulósica. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 14ª, São Paulo, 1981. Livro Técnico, 1ª vol., São Paulo, ABCP, 1981. p.5-29.
10. GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & OLIVEIRA, R.C. Estudo das potencialidades do *Bambusa vulgaris* para produção de papéis tipo kraft. *O Papel* 43(7):38-42. 1982.
11. GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & OLIVEIRA, R.C. Influência do álcali ativo e temperatura na polpação kraft de *B. vulgaris*. *Revista Árvore* 5(2):181-193. 1981.
12. MARIA, J. & GOMIDE, J.L. Anatomia do caule e algumas características das fibras de *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. var. *vulgaris*. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 33ª, Maceió, 1982.
13. REDKO, B.V.P. & NISHIMURA, M. Obtenção de celulose a partir de bambu *Dendrocalamus giganteus*. *O Papel*, 31(10):37-44. 1970.
14. SWARTZ, J.N. & MACDONALD, R.C. Alkaline pulping. In: Libby, C.E. ed. *Pulp and paper science and technology*, Vol. 1. New York, Mc Graw-Hill, 1962. p.160-239.



QUADRO I - Modelos matemáticos dos parâmetros estudados para os processos kraft convencional e kraft com pré-extração

Equações	R <sup>2</sup>	S <sub>y,x</sub> *
RE = 72,89 - 0,00256E <sup>2</sup> + 0,436E	98,4	0,769
K = 184,25 - 13,815A + 0,000832A <sup>4</sup>	99,9	0,795
RT = 61,545 - 1,754A	96,9	0,808
RD = 285,769 - 73,991lnA - 753,12 (1/A)	90,1	0,542
J = 56,39 - 8,278A + 0,306A <sup>2</sup>	98,3	0,608
AU = -8,47 + 0,101T - 0,000437T <sup>2</sup> - 0,114A <sup>2</sup> + 2,411A - 0,000809T.A	93,1	0,518
AL = 0,693 + 0,00145T.A - 0,000394T <sup>2</sup> + 0,0557R + 0,00458A <sup>2</sup>	92,1	0,379
IA = 7,811 + 0,0109T.A - 0,00632K <sup>2</sup> + 0,988T + 0,0463A <sup>2</sup>	91,9	5,55
IR = 120,844 - 0,0918T <sup>2</sup> + 0,878A <sup>2</sup> + 0,00000426T <sup>4</sup> + 4,011T	83,8	30,42
SR = -11,475 + 0,427T + 0,0028T <sup>2</sup> + 4,212A - 0,181A <sup>2</sup>	94,9	5,936
K = 158,52 + 0,0377E.A - 17,21A - 0,00109E <sup>2</sup> + 0,422A <sup>2</sup> - 0,267E	98,6	1,045
RT = 84,16 - 3,55A + 0,00137E <sup>2</sup> - 0,364E + 0,0898A <sup>2</sup> + 0,00579E.A	91,4	0,793
RD = 62,5 - 0,678A + 0,00137E <sup>2</sup> - 0,292E	89,3	0,792
J = 12,72 + 0,00378A.E - 1,464A - 0,0496E + 0,0377A <sup>2</sup>	82,4	0,220
AU = -1,436 + 0,106T - 0,000434T <sup>2</sup> + 0,00165E.A - 0,0000645E.T - 0,000975A.T + 0,664A - 0,0232A <sup>2</sup> + 0,0482E - 0,000146E <sup>2</sup>	88,5	0,600
AL = -3,412 + 0,0569T - 0,000367T <sup>2</sup> + 0,0000317E.T - 0,00164E.A + 0,000285A.T + 0,0455E + 0,394A - 0,000104E - 0,00895A <sup>2</sup>	88,4	0,382
IA = -71,617 + 1,185T - 0,00562T <sup>2</sup> - 0,0275E.A + 8,234A - 0,233A <sup>2</sup> + 0,866E - 0,00253E <sup>2</sup> - 0,00954A.T - 0,0041E.T	89,8	6,067
IR = -36,633 - 0,0717T <sup>2</sup> - 0,121E.A + 0,00000339T <sup>4</sup> + 1,696T + 21,373A + 2,245E + 0,00638E.T - 0,000000103E <sup>4</sup>	80,3	29,96
SR = -4,607 + 0,0444T <sup>2</sup> - 0,0118E.A + 0,516T - 0,00167E.T - 0,0135aT + 0,00054E <sup>2</sup> + 3,221A - 0,072A <sup>2</sup>	95,9	4,525

\* S<sub>y,x</sub> = Erro padrão residual, RE = Rendimento da pré-extração, E = Temperatura da pré-extração (°C), K = Número kappa, A = Alkali ativo (%), RT = Rendimento total (%), RD = Rendimento depurado (%), J = Teor de rejeitos (%), AU = Comprimento de auto-ruptura (Km), T = Tempo de refino (min), AL = Alongamento (%), IA = Índice de arrebentamento, IR = Índice de rasgo, SR = Grau Schopper-Riepler.

QUADRO II - Análise Química do *Bambusa vulgaris*

Análises	Teores, %
Holocelulose	77,3
Pentosanas	18,0
Lignina	24,4
Cinzas	2,4
Substâncias extratáveis com:	
- Água fria	8,4
- Água quente	9,3
- NaOH a 1%	29,8

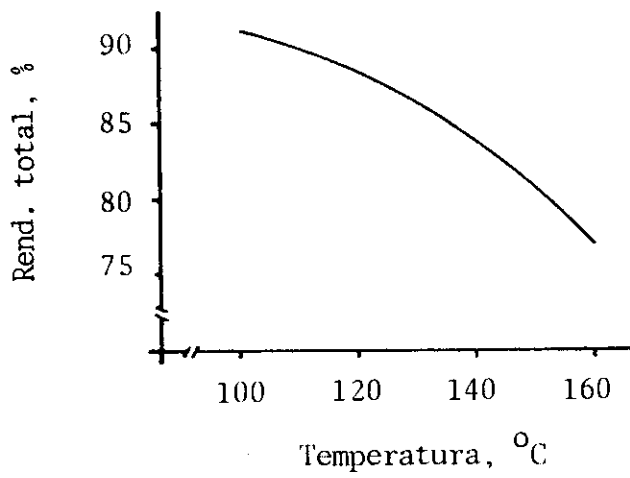


FIGURA 1 - Efeito estimado da temperatura da pré-extração no rendimento total dos cavacos de *B. vulgaris*.

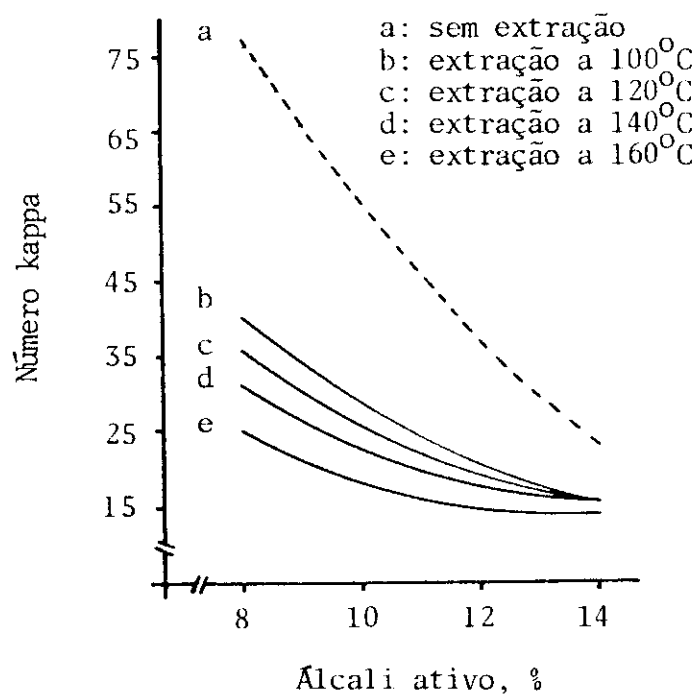


FIGURA 2 - Efeito estimado do álcali ativo no número kappa das polpas de *B. vulgaris*, após pré-extração a diferentes temperaturas.

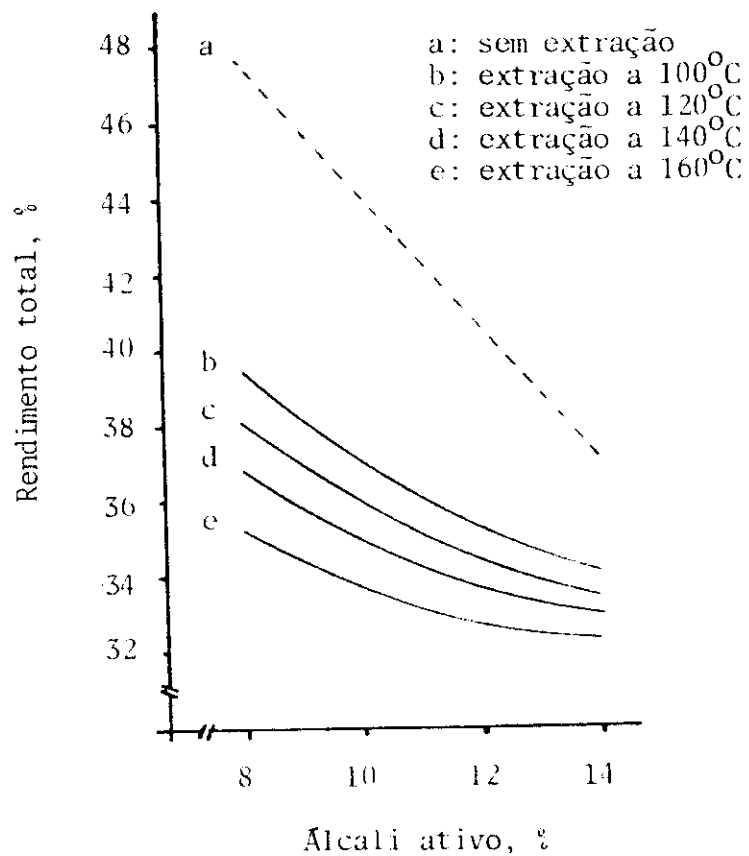


FIGURA 3 - Efeito estimado do álcali ativo no rendimento total da polpação kraft de *B. vulgaris*, após pré-extração a diferentes temperaturas.

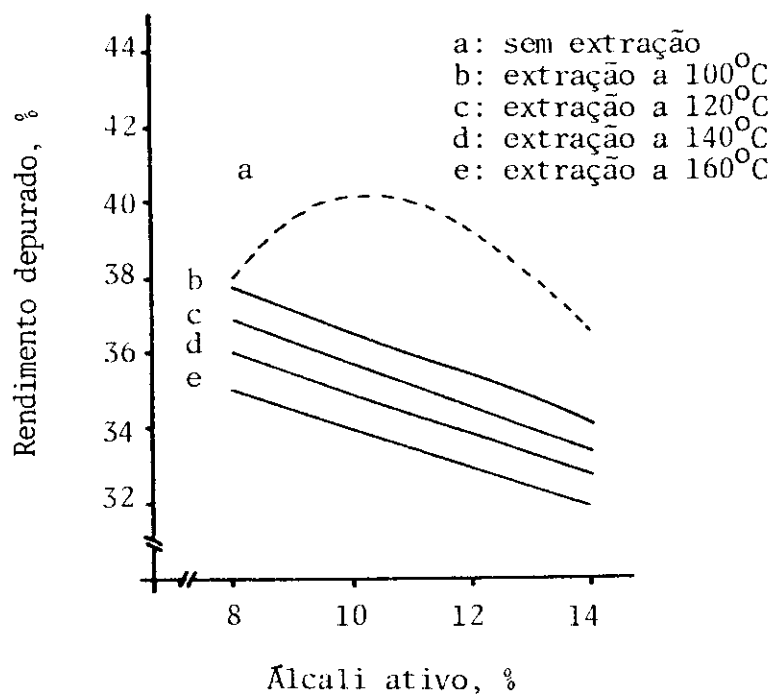


FIGURA 4 - Efeito estimado do álcali ativo no rendimento depurado da polpação kraft de *B. vulgaris*, após pré-extração a diferentes temperaturas.

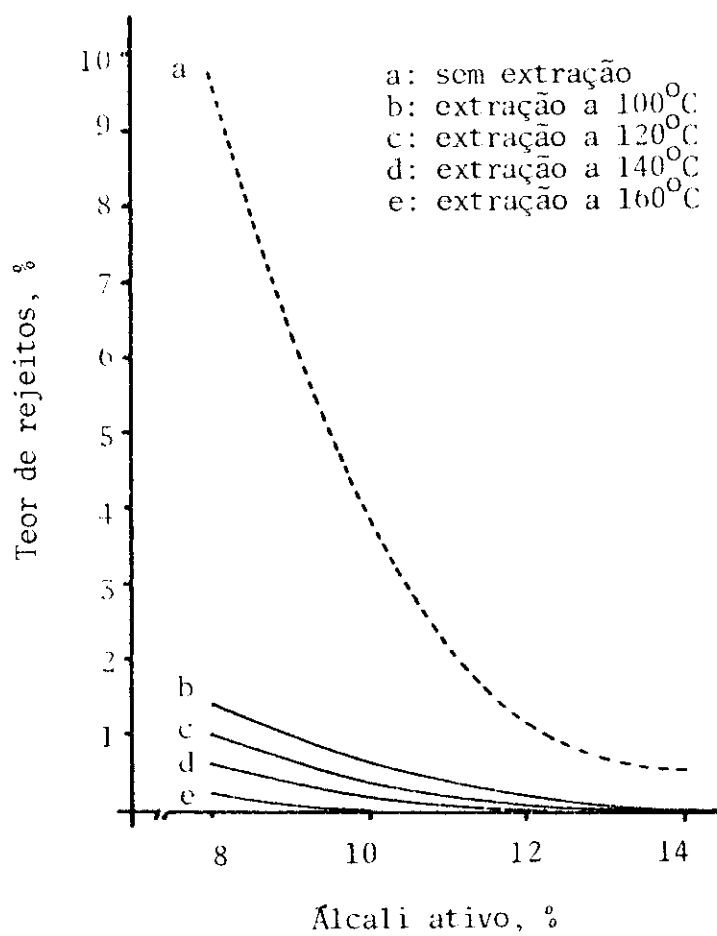


FIGURA 5 - Efeito estimado do álcali ativo no teor de rejeitos da polnação kraft de *b. vulgaris*, após pré-extração a diferentes temperaturas.

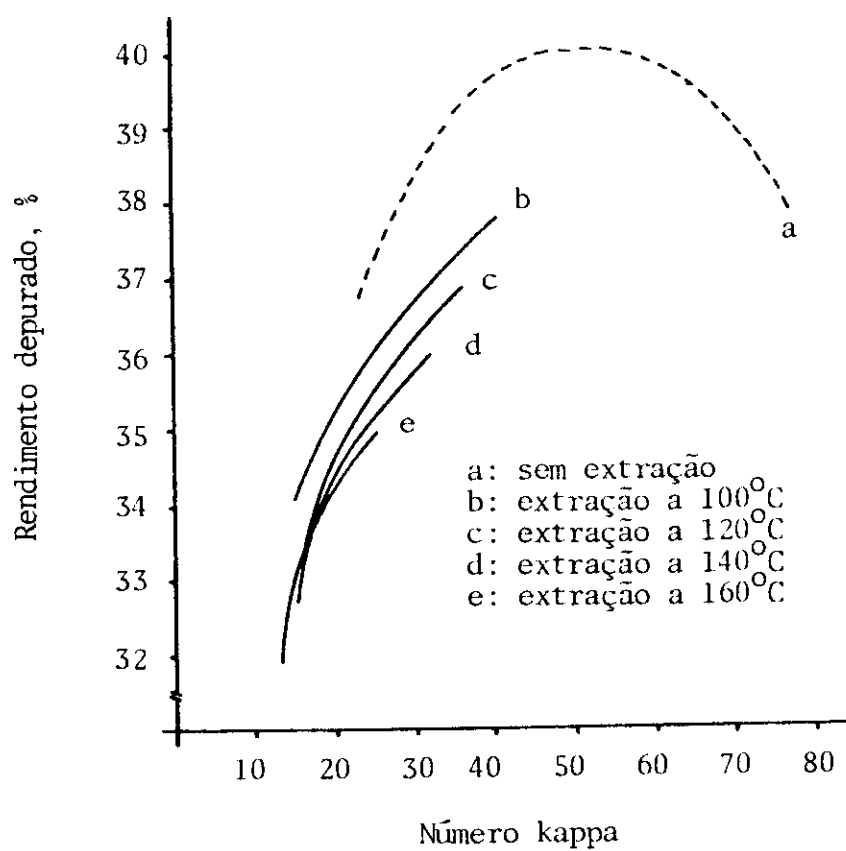


FIGURA 6 - Efeito estimado da pré-extração na relação entre rendimento depurado e número kappa.



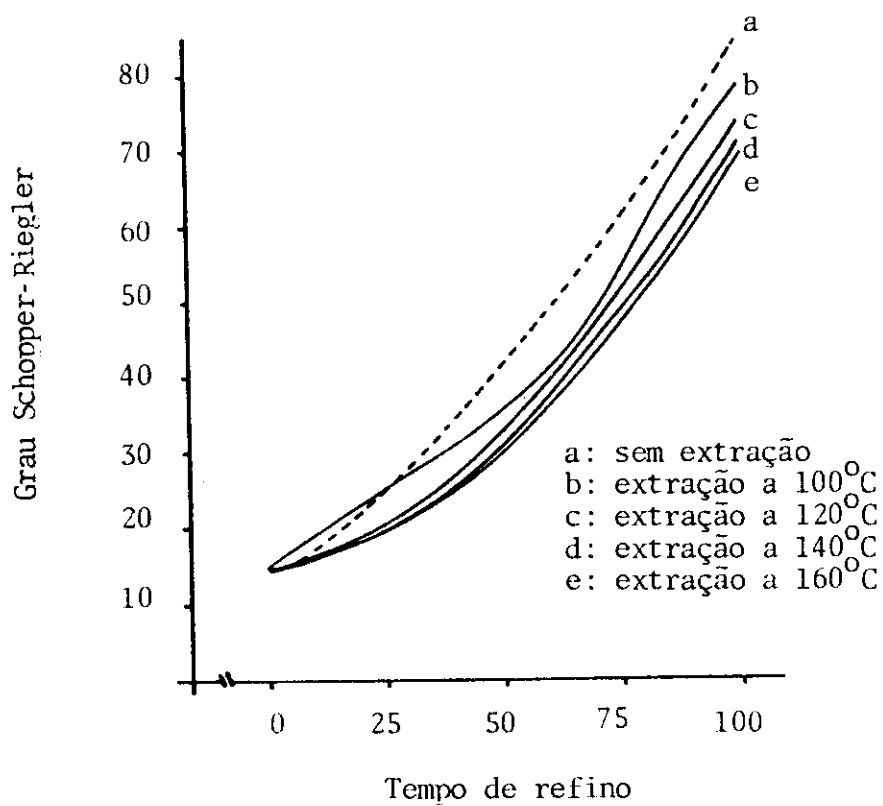


FIGURA 7 - Efeito estimado do tempo de refinamento no grau de refino das polpas kraft de *B. vulgaris*, produzidas com 12% de álcali ativo, após pré-extração a diferentes temperaturas.

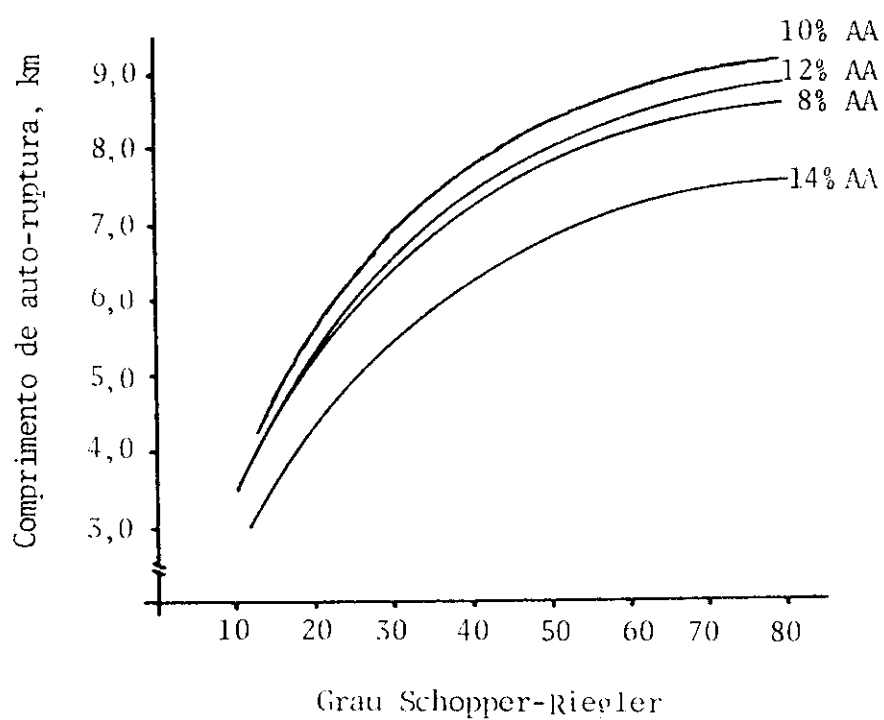


FIGURA 8 - Efeito estimado do grau de refino na resistência à tração das polpas kraft de *B. vulgaris*.

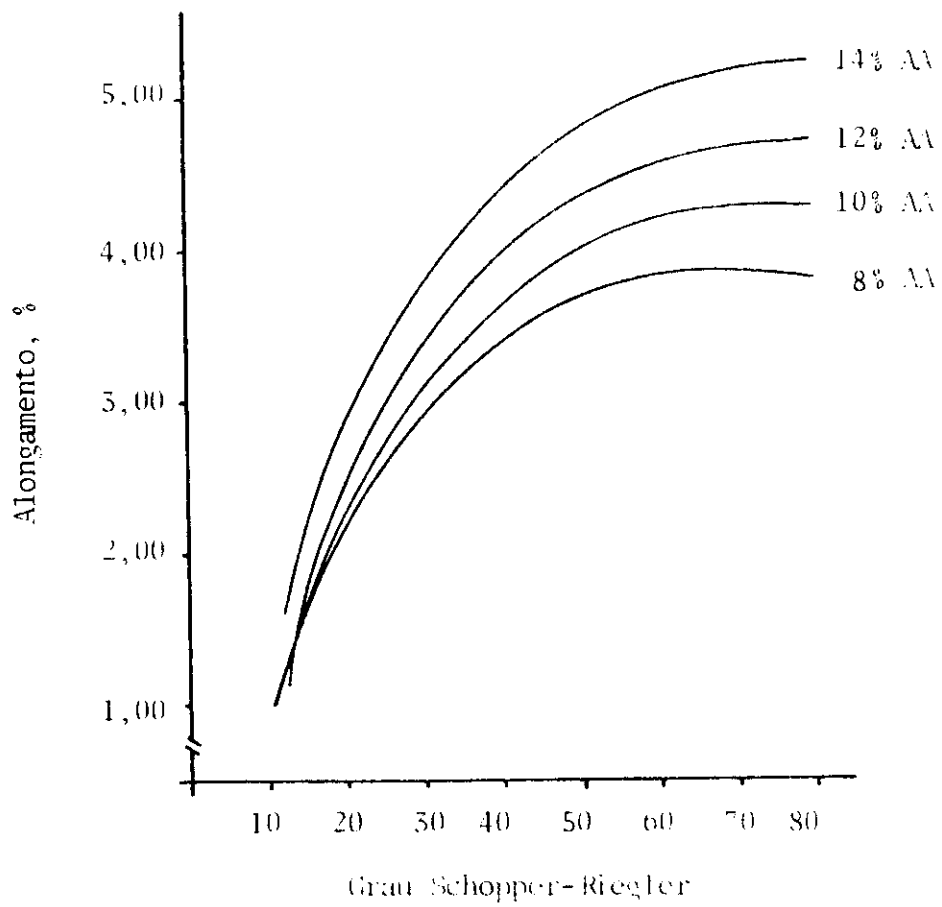


FIGURA 9 - Efeito estimado do grau de refino no alongamento das polpas kraft de *E. valparvica*.

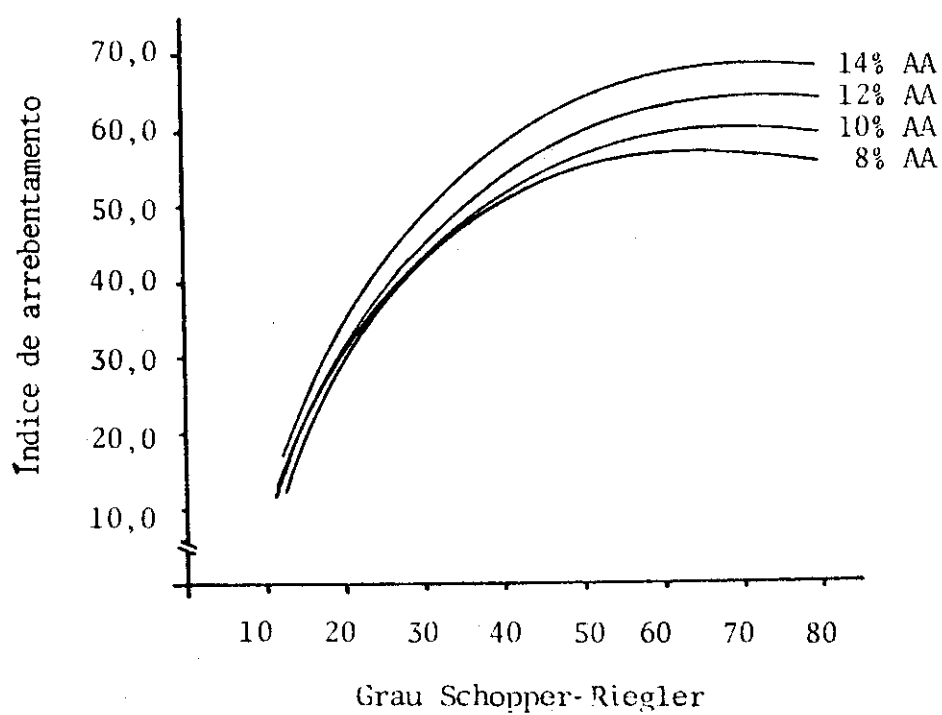


FIGURA 10 - Efeito estimado do grau de refino na resistência ao arrebentamento das polpas kraft de *B. vulgaris*.

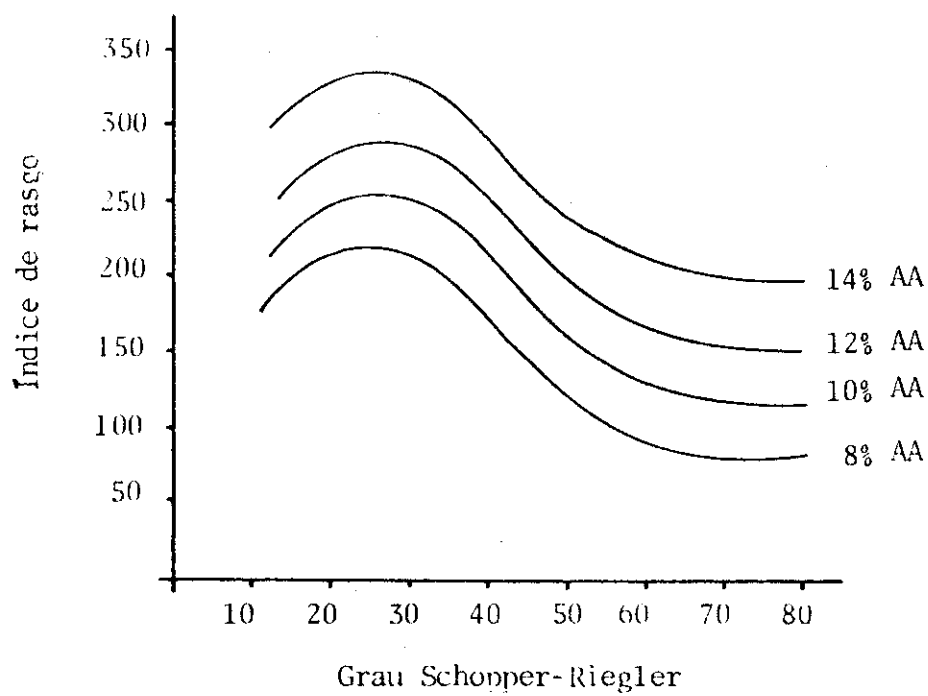


FIGURA 11 - Efeito estimado do grau de refino na resistência ao rasgo das polpas de *B. vulgaris*.

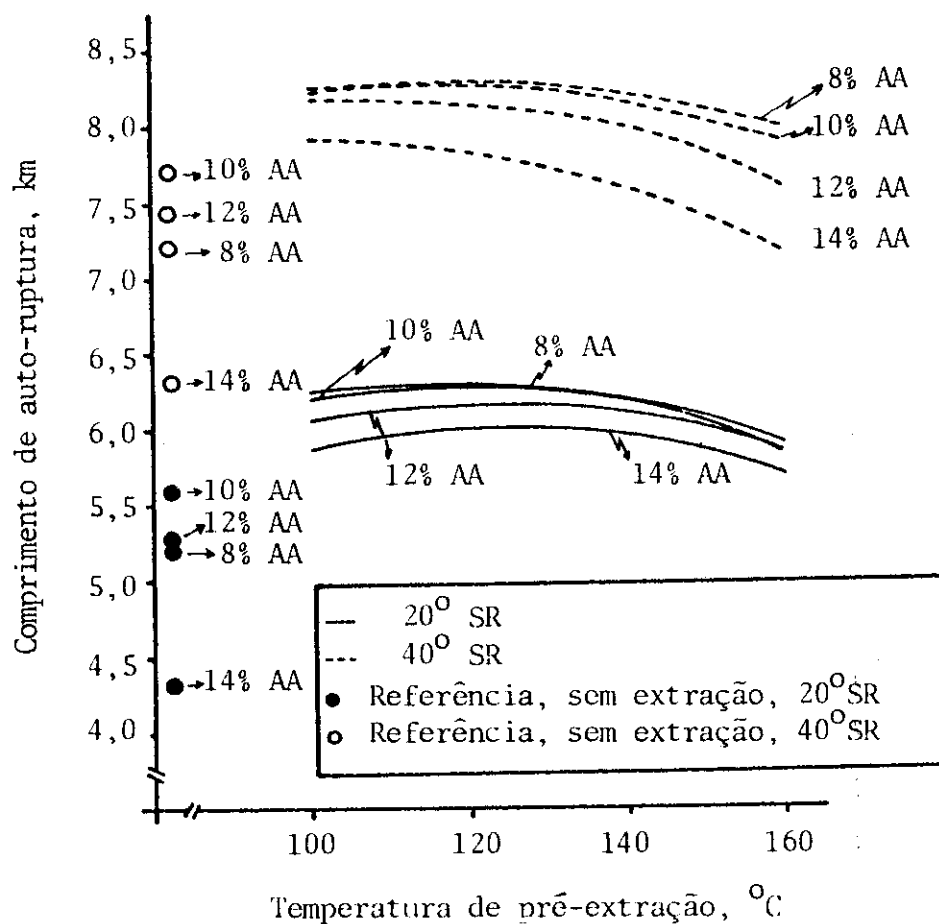


FIGURA 12 - Efeito estimado da temperatura de pré-extração na resistência à tração das polpas kraft de *B. vulgaris* produzidas com diferentes dosagens de álcali ativo.

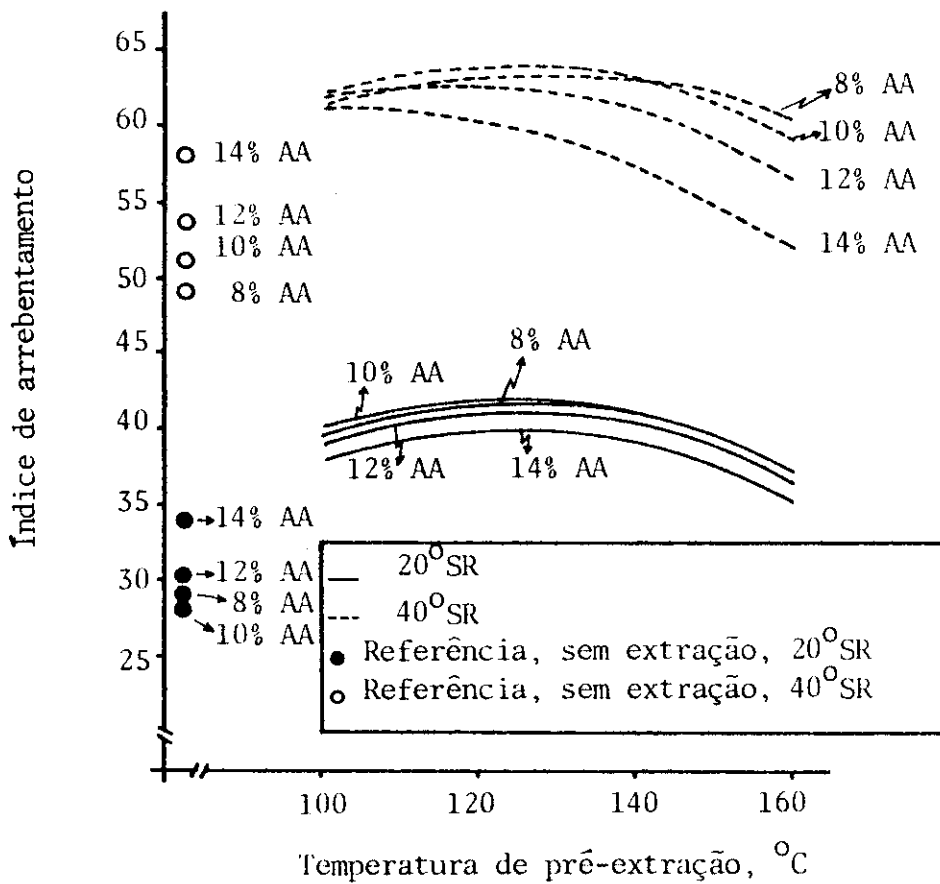


FIGURA 13 - Influência da temperatura de pré-extração na resistência ao arrebentamento das polpas kraft de *B. vulgaris* produzidas com diferentes dosagens de álcali ativo.

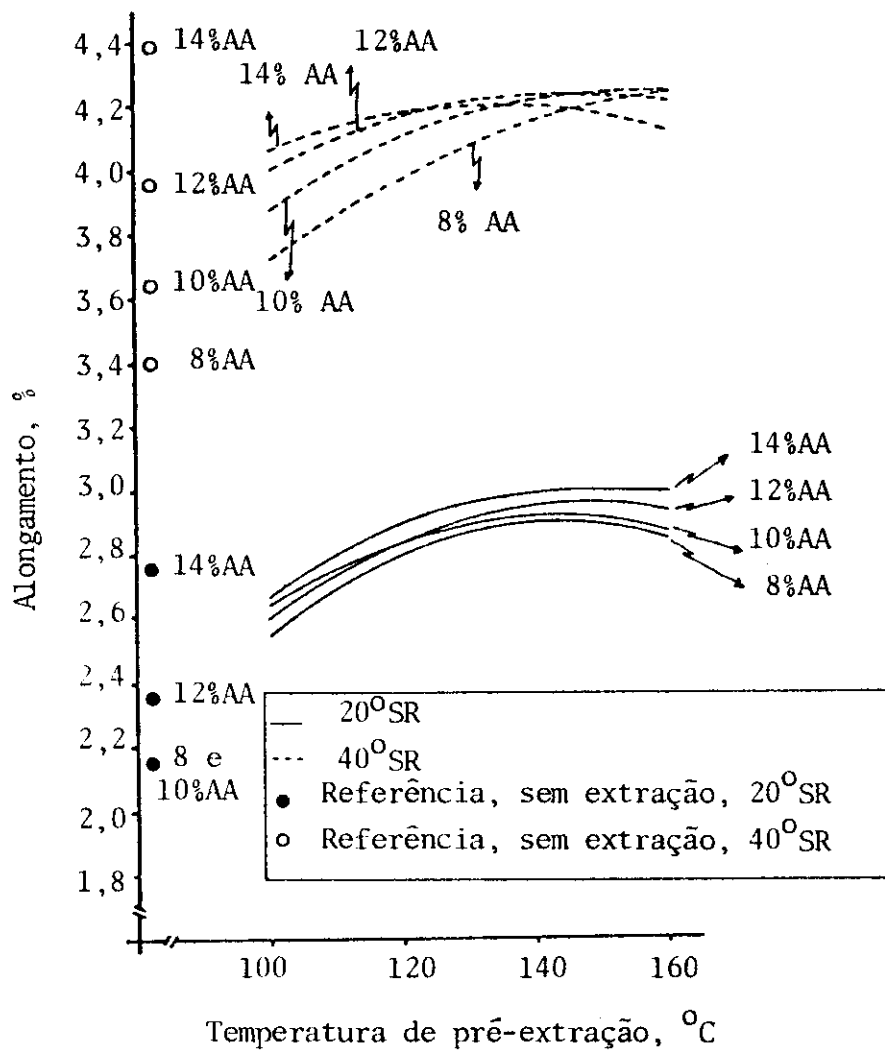


FIGURA 14 - Efeito estimado da temperatura de pré-extração no alongamento das polpas kraft de *B. vulgaris* produzidas com diferentes dosagens de álcali ativo.



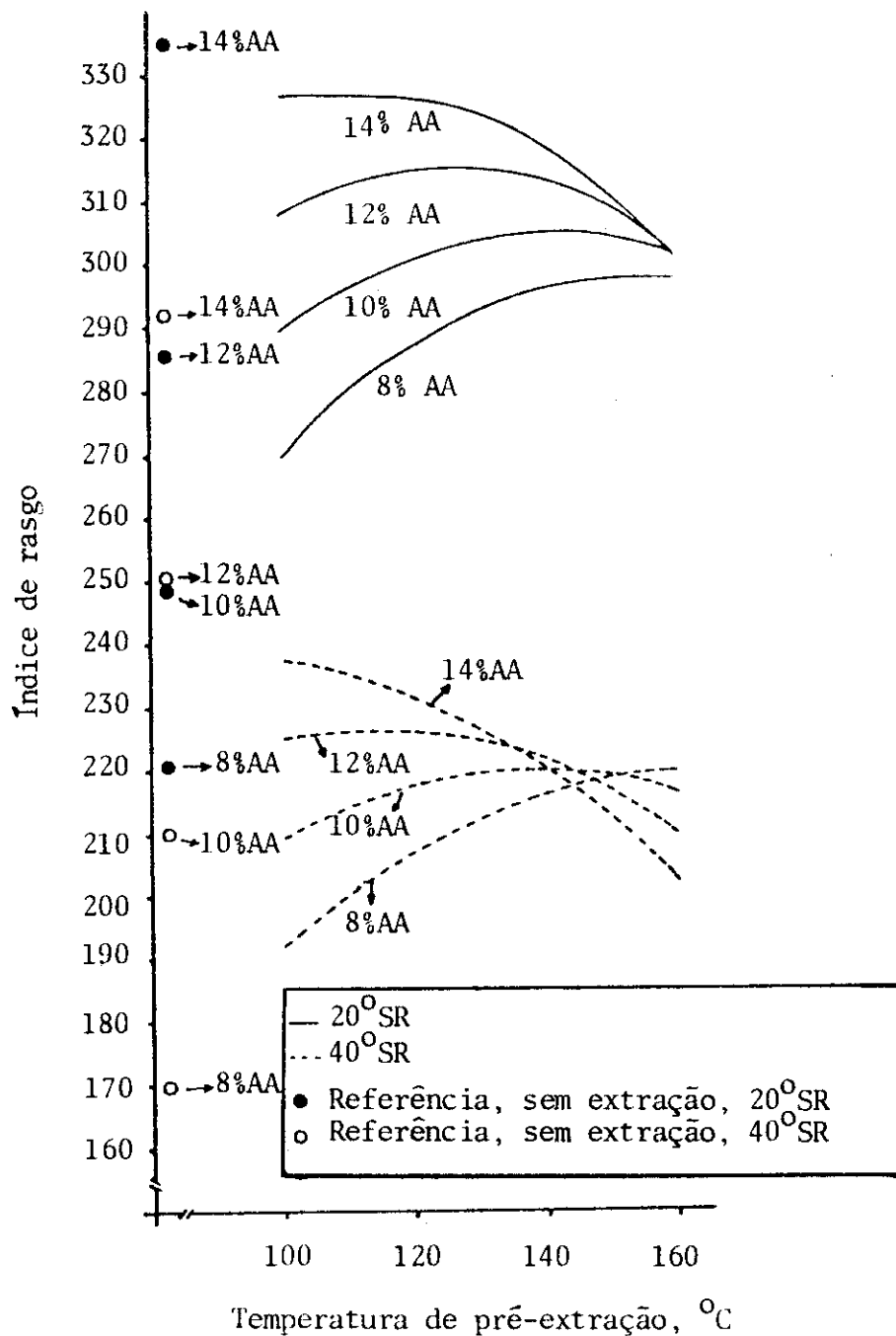


FIGURA 15 - Influência da temperatura de pré-extração na resistência ao rasgo das polpas kraft de *B. vulgaris* produzidas com diferentes dosagens de álcali ativo.