

Utilização do fator H na polpação alcalina de Bambusa vulgaris var. vulgaris

MFN -0672

N CHAMADA:

TITULO: Utilização do fator H na polpação alcalina de Bambusa vulgaris var. vulgaris

AUTOR(ES): OLIVEIRA, R.C.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 02.2. Cozimento da Celulose

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 16

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 21-26.11.1983

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1983, ABTCP

PAG/VOLUME: p.241-257, v.1

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 16, 1983, São Paulo, v.1, p.241-257

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: bambu, cozimento quimico alcalino

RESUMO:

UTILIZAÇÃO DO FATOR H NA POLPAÇÃO ALCA
LINA DE *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*



OLIVEIRA, Rubens Chaves de
Universidade Federal de Viçosa - Viçosa - MG - Brasil

Resumo

Foi analisada a influência do fator H (450, 750, 1050, 1350 e 1650) para três níveis de temperatura máxima de cozimento (160, 170 e 180°C) pelos processos kraft e soda de polpação do *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Apesar de polpas com o mesmo grau de deslignificação e característica de licores residuais em termos de pH e concentração de álcali ativo, terem sido obtidas, pelo processo kraft, com a utilização de três diferentes temperaturas máximas e um mesmo fator H, diferenças foram detectadas para as demais propriedades analisadas. Quando se utilizou o processo soda em três diferentes temperaturas máximas de cozimento e um mesmo fator H, diferenças de rendimento total, teor de rejeito e pH dos licores residuais não foram encontradas. No entanto, diferenças nas polpas, foram encontradas no grau de deslignificação e outras propriedades analisadas.

Embora, o conceito de fator H desenvolvido por Vroom (9) tenha sido demonstrado pelos resultados obtidos da deslignificação do *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, apenas para o processo kraft, o acréscimo de 1200 unidades no fator H causou pequena influência no grau de deslignificação. Para obtenção de polpas com menor grau de deslignificação, ao encontrado nesse estudo, menores fator H deverão ser utilizados. O *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* parece apresentar bom potencial técnico para polpação pelo processo soda, sendo que, novos estudos deveriam ser realizados.

1. INTRODUÇÃO

Levando em consideração a energia de ativação da substância madeira, embora, a madeira, seja um complexo e variado sistema de constituintes químicos, Vroom (9), em 1957,

Trabalho apresentado no III Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel - em São Paulo - Brasil - de 21 à 26 de Novembro de 1983.

iniciou o desenvolvimento do conceito de fator H, pelo estabelecimento de taxas relativas de reação de deslignificação, baseado na equação de Arrhenius, e relacionou essas taxas relativas de reação, ao tempo, num ciclo, de cozimento de tal forma que, a área sob a curva obtida, representasse o fator H, e desde então, o fator H tem sido utilizado pelas indústrias que atuam no setor de celulose e papel, no sentido, de prever variações compensatórias nas condições de tempo e temperaturas de polpação, e relacionando-as com certas propriedades das polpas, e também sido motivo de intensos estudos por alguns pesquisadores (7, 8) vinculados ao setor. No entanto, a maioria desses estudos tem sido realizados, principalmente, para madeiras de coníferas e folhosas, e mais especificamente, em polpação pelo processo kraft (2,4) e (5, 6, 7 e 8) citado por (9). Quando se relaciona tempo e taxa relativa de reação de deslignificação utilizando os valores de taxa relativa de reação desenvolvida por Vroom (9), em processos de polpação, a matéria-prima, torna-se uma importante variável, uma vez que as fibras celulósicas, são constituídas de materiais, como lignina e hemiceluloses, os quais diferem em natureza e reatividade química, entre as coníferas, folhosas e gramíneas.

O *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, pertencente à família gramíneas, por ter sido reportado, por alguns pesquisadores (5,6), grande potencial técnico para produção de papéis tipo kraft, e ser a espécie de bambu mais plantada no Brasil, para fins de polpação, nos levou ao estudo da aplicabilidade do fator, utilizando taxas relativas de reação de deslignificação, desenvolvidas por Vroom (9), como um parâmetro de controle dos processos, kraft e soda, para a sua polpação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado como matéria prima o *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, com 5,5 anos de idade, com característica química de 77,26% de holocelulose, 24,4% de lignina, 18,03% de pentosanas, 2,44% de cinzas e com material solúvel de 9,31% em água quente, 8,43% em água fria, 3,5% em álcool benzeno e 29,76% em hidróxido de sódio a 1%, e com as seguintes características dimensionais de fibras: a) comprimento = 3,11 μ m; largura = 17,29 μ m; diâmetro de lúmen = 4,96 μ m; espessura de parede = 6,17 μ m conforme descrito por (3). Como o tamanho dos cavacos e teor de umidade afetam a deslignificação, assim como, a penetração e difusão dos reagentes químicos, os cavacos amostrados, ao acaso, em pátio de estocagem industrial foram classificados manualmente, em peneira com malha de 0,5cm, secados ao ar e armazenados, de tal forma, que não houvesse, alteração no teor de umidade, com o decorrer dos estudos. Com o equivalente a 300 g.a.s de cavacos, uma série de cozimentos foi realizada com uma repetição, em autoclave rotativa, com capacidade de 20 litros, aquecida eletricamente, com quatro compartimentos individuais, com capacidade de 2 litros cada um, possibilitando a realização de quatro cozimentos simultâneos. Os processos, de polpação alcalinos utilizados foram, o kraft e soda em cinco níveis de fa

tor H (450, 750, 1050, 1350 e 1650), três níveis de temperatura máxima de cozimento (160, 170 e 180 °C), tempo até 100 °C em 50 min. e relação licor/madeira de 4/1. Alkali ativo como Na₂O e sulfidez para o processo kraft foram, 13% e 25%, respectivamente. O alkali ativo para o processo soda foi de 15% como Na₂O. Ao final dos cozimentos, amostras dos licores residuais foram retiradas, para a determinação do pH e alkali ativo residual, e as polpas, obtidas após o desfibramento dos cavacos, em moinho de discos Bauer, foram depuradas em telas com 0,2mm de abertura (classificador Voith), refinadas em moinho centrifugal Jockro, na consistência de 6%, e suas respectivas folhas, foram confeccionadas em formador KÜthen-Rapid. As análises foram realizadas com base nas normas da ABCP (1).

Os resultados obtidos foram interpretados com o auxílio de análises de regressão, tendo sido estabelecidas equações matemáticas, considerando a significância dos coeficientes individuais da 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

Os resultados da deslignificação do *B. vulgaris* var. *vulgaris*, rendimentos e das propriedades de resistência (tração, arrebatamento, rasgo) e alongamento das polpas, obtidas, pelos processos de polpação, kraft e soda, foram analisados estatisticamente, e descritos, na forma de gráficos. Os modelos matemáticos, utilizados para a confecção dos gráficos, encontram-se no (Quadro I).

3.1. Deslignificação

Na Figura 1, é mostrada a influência do fator H em três níveis de temperatura máxima de cozimento no número kappa das polpas, pH do licor residual e alkali ativo residual, obtidos quando da utilização do processo kraft de polpação. O aumento do fator H de 450 para 1650, para os três níveis de temperatura máxima utilizados, ocasionou uma redução de 1,16 g/l no alkali ativo do licor residual e de apenas 6,1 unidades no número kappa, representando uma redução no número kappa da ordem de 18,5%, o que pode ser considerado baixo, uma vez que para isto, tornou-se necessário, elevar, em 1200 unidades, o fator H. Observa-se também, nesta mesma figura, que para um mesmo fator H, quando foi utilizada três diferentes temperaturas máximas de cozimento obteve-se polpas com o mesmo grau de deslignificação e característica do licor residual em termos de pH e concentração do alkali ativo. O maior e menor valor de pH do licor residual foram de 12,12 e 11,23, respectivamente.

Na Figura 2, é mostrada a influência do fator H, e da temperatura máxima de cozimento, quando se utilizou na polpação do *B. vulgaris*, o processo soda. Para um mesmo fator H, quando a temperatura máxima de cozimento utilizada foi acrescida de 160 para 180 °C, polpas com diferentes graus de deslignificação foram obtidas, embora o decréscimo no número kappa tenha sido de apenas uma unidade. Para, uma mesma

temperatura máxima de cozimento utilizada, o número kappa das polpas, foi reduzido em 14,7 unidades, proporcional ao aumento do fator H, de 450 para 1650.

A Figura 3 mostra que, embora, tenha ocorrido variação, na concentração do álcali ativo residual, quando, a temperatura máxima de cozimento, foi acrescida de 160 a 180°C para um mesmo fator H, o pH do licor residual, não se alterou, com a utilização dos três níveis de temperatura de cozimento, pelo processo soda, para um mesmo fator H.

3.2. Rendimentos

Diferentes rendimentos (total e depurado) e teores de rejeitos foram encontrados, quando a temperatura máxima de cozimento, foi acrescida de 160°C para 180°C, para a maioria dos casos de fator H, quando se utilizou, para polpação do *B. vulgaris*, o processo kraft. Os teores de rejeitos foram desfavoravelmente influenciados pelo aumento da temperatura e redução do fator H, como demonstrado, nas Figuras 4, 5 e 6.

Nas Figuras 7 e 8 é mostrado que, quando se utilizou o processo soda para polpação não houve diferença no rendimento total e teores de rejeitos, quando se utilizou diferentes temperaturas de cozimento e um mesmo fator H. No entanto, o mesmo não ocorreu para o rendimento depurado (Figura 7), pois diferenças nos rendimentos depurados foram encontradas, quando a temperatura máxima de cozimento utilizada foi acrescida de 160°C para 180°C, para um mesmo fator H, embora, essas diferenças tenha sido de apenas 0,2% e 0,6%, para o menor e maior valor de fator H utilizados, respectivamente. Os rendimentos (total e depurado) foram desfavorecidos com o aumento do fator H e os teores de rejeitos favorecidos.

3.3. Resistência a tração

Variações na resistência a tração, expressadas em comprimento de auto-ruptura, quando se utilizou o processo kraft de polpação, são mostradas na Figura 9. Com o aumento da temperatura máxima de polpação e do fator H, de 450 até 1050 o comprimento de auto-ruptura foi desfavorecido, e quando se utilizou, o maior valor de fator H, ou seja 1650, o comprimento de auto-ruptura foi favorecido, pelo aumento da temperatura máxima de polpação, para cada nível de grau de refino utilizado. O maior valor (8,2 km) de comprimento de auto-ruptura, foi encontrado, quando a polpa, refinada, a 60°SR, foi obtida com o fator H de 1650 e uma temperatura máxima de cozimento de 180°C.

Quando o processo soda foi utilizado na polpação do *Bambusa vulgaris*, o comprimento de auto-ruptura (Figura 10), para cada nível de grau de refino utilizado, manteve-se constante, embora, o fator H tenha variado em até 1200 unidades, quando se utilizou, como temperatura máxima de cozimento, 160°C. Quando as polpas, foram refinadas, a 30°SR, a temperatura máxima de cozimento de 180°C, trouxe benefícios, no comprimento de auto-ruptura, quando se utilizou maiores valores de fator H (1350 e 1650), e quando refinadas, a 45°SR, a utilização de maiores temperaturas máximas de cozimento (170 e 180°C) beneficiou a resistência a tração, quando se utilizou

fatores H, de 1050 a 1650. Ao obter polpas com 1050, 1350 e 1650 de fator H, o aumento da temperatura máxima de cozimento beneficiou a resistência a tração, quando as polpas, foram refinadas, a 60^o SR.

Com a utilização de menor fator H, benefícios, no comprimento de auto-ruptura, foi obtido, quando se utilizou temperaturas máxima de cozimento de 160^o C e/ou 170^o C.

3.4. Alongamento

Embora, a temperatura máxima de cozimento, tenha sido aumentada de 160 para 180^o C, polpas com o mesmo alongamento, foram obtidas, quando refinadas a um mesmo grau de refino, e utilizado, o processo kraft, para a polpação (Figura 11).

Na Figura 12, é mostrado, a influência do fator H, para três níveis de temperatura máxima de cozimento, em três níveis de grau de refino, quando, as polpas produzidas, foram obtidas, pelo processo soda. Decréscimo no alongamento ocorreu quando a temperatura máxima de cozimento foi aumentada de 160^o C para 180^o C, para um mesmo fator H e grau de refino, na maioria dos casos, embora, o decréscimo máximo, ocorrido, não tenha ultrapassado a 0,1%. Com a utilização de maiores fator H, o alongamento foi favorecido, para os três níveis de temperatura e para os três níveis de grau de refino.

3.5. Resistência ao arrebentamento

Quando as polpas obtidas pelo processo kraft (Figura 13), foram refinadas a 45 e 60^o SR, o aumento da temperatura máxima de cozimento de 160 para 180^o C, para um mesmo fator H, causou o decréscimo do índice de arrebentamento, com exceção, para o fator H de 1650, já a 30^o SR este mesmo aumento de temperatura, favoreceu o índice de arrebentamento, apenas, para os fatores H de 1350 e 1650, e para, os demais fatores H utilizados, o favorecimento de resistência ao arrebentamento, foi observado, quando a temperatura máxima de cozimento utilizada, foi decrescida de 180^o C para 160^o C. Com a utilização, da menor temperatura máxima de cozimento (160^o C) e quando, o fator H, foi acrescido de 450 para 1650, o acréscimo máximo da resistência ao arrebentamento, para os três níveis de grau de refino, foi de apenas 5,2 unidades no índice, o que pode ser considerado baixo, uma vez que, foi necessário elevar o fator H em 1200 unidades.

Na Figura 14, é mostrado que, quando se utilizou o processo soda, variações no índice de arrebentamento das polpas, obtidas, também foram encontradas, quando se variou, a temperatura máxima de cozimento. Observa-se nesta mesma figura, o desfavorecimento do índice de arrebentamento, para um mesmo grau de refino, quando foram utilizadas, maiores temperaturas máximas de cozimento, para um mesmo fator H. De maneira geral o aumento do fator H, favoreceu esta propriedade de resistência.

3.6. Resistência ao rasgo

Na Figura 15, é mostrado a influência do fator H na resistência ao rasgo em três níveis de grau de refino,

quando utilizado o processo kraft de polpação em diferentes temperaturas máximas de cozimento. Para, a temperatura máxima de cozimento de 160°C, o aumento do fator H de 450 para 1650 ocasionou um decréscimo no índice de rasgo de 8,85%, 17,1% e 14,63%, para os graus de refino de 30, 45 e 60 SR, respectivamente. A utilização de 170°C como temperatura máxima, trouxe benefício no índice de rasgo de 14,28% para o grau de refino de 30 SR, 14,67% para 45 SR e 19,30% quando as polpas foram refinadas a 60 SR. Ao utilizar como temperatura máxima de cozimento 180°C, a resistência ao rasgo foi acrescida com o aumento do fator H. Com o aumento de 450 para 1650, quando as polpas foram refinadas a 30, 45 e 60 SR o acréscimo nesta propriedade foi de 37,23%, 42,31% e 55%, respectivamente.

A resistência ao rasgo, das polpas obtidas pelo processo soda, é mostrada na Figura 16. Pequenas diferenças nessa propriedade de resistência foram encontradas, quando se utilizou três diferentes temperaturas máximas de cozimento e as polpas obtidas por um mesmo fator H foram refinadas em um mesmo grau de refino. Pequenos benefícios (2,2%) e (3,64%) foram encontrados quando as polpas foram refinadas a (30 ou 60 SR) e 45 SR, respectivamente, com a diminuição da temperatura máxima de 180°C para 160°C e deslignificadas com a utilização do fator H de 1650. O aumento do fator H, proporcionou acréscimo nessa resistência, para os três níveis de temperatura máxima e nos três níveis de grau de refino estudado. O aumento do grau de refino diminuiu o índice de rasgo.

4. LITERATURA CITADA

01. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo. Normas ABCP. s.d.
02. BUGAJER, S.; CAHEN, R.; LIMA, A.F.; PINHO, M.R.R. Fator H-parâmetro válido para polpação de eucalipto?. *O Papel*, São Paulo: 45-49, mar. 1979.
03. FILHO, A.M. Variabilidade da constituição química e das características dimensionais das fibras e polpação kraft, com pré-extração aquosa do *Bambusa vulgaris* Schrad Ex Wendl var. *vulgaris*. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1983.
04. GARCEU, J.J.; GOEL, K.N.; AYROUND, A.M. Optimization of high-yield kraft pulping variables: effect of H-factor. *Tappi*, 57(8):121-2, Aug. 1974.
05. GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & OLIVEIRA, R.C. Estudos das potencialidades do *Bambusa vulgaris* para produção de papéis tipo kraft. Viçosa, Univ. Federal. 1982. 18p. (Datilografado).
06. GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. & COLODETTE, J.L. Influência da idade do *Bambusa vulgaris* nas suas características químicas e anatômicas, visando a produção de polpa celulósica. In: XIV CONGRESSO ANUAL DA ABCP, São Paulo, 1981. p. 5-29.

07. MARQUES, A.R. Otimização da relação tempo-temperatura na produção de celulose kraft de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1979. 53p. (Tese M.S.)
08. SINGH, S.V. & GUHA, S.R.D. Kinetics of alkalin pulping of bamboo. *Indian Pulp and Paper*,:15-25, Oct. - Nov. 1975.
09. VROOM, K.E. The "H" factor: a means of expressing cooking times and temperature as a single variable. *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 58(3):228-31, 1957. (Convention Issue).

Equações (processo kraft)	R ²	Sxy
$K = 42,603 - 0,0293FH + 1,77 \cdot 10^{-2}FH^2 - 2,11 \cdot 10^{-12}FH^4$	79,31	1,11
$RT = -35,34 - 0,0302FH + 8,85 \cdot 10^{-5}FH \cdot T - 3,53 \cdot 10^{-8}T^4 + 0,65T + 8,9 \cdot 10^{-6}FH^2 - 1,11 \cdot 10^{-12}FH^4$	86,57	0,65
$RD = -41,79 - 0,0169FH + 8,51 \cdot 10^{-5}FH \cdot T - 3,65 \cdot 10^{-8}T^4 + 0,662T$	78,97	0,65
$RJ = 1,713 - 0,00326FH + 8,3 \cdot 10^{-10}T^4 + 1,84 \cdot 10^{-6}FH^2 - 2,01 \cdot 10^{-13}FH^4$	89,61	0,11
$AR = 4,563 - 9,66 \cdot 10^{-4}FH$	87,74	0,16
$pH = 12,85 - 0,00185FH + 5,26 \cdot 10^{-7}FH^2$	92,38	0,098
$CAR = 7,786 + 0,132TM - 0,00101TM^2 + 8,14 \cdot 10^{-13}FH^4 - 1,322 \cdot 10^{-9}FH^3 + 4,07 \cdot 10^{-6}TM^3 + 5,27 \cdot 10^{-6}TM \cdot FH - 0,000204TM \cdot T + 0,0000295FH \cdot T - 0,00495FH - 0,0222T$	84,42	0,673
$AL = 1,255 + 0,0839TM - 0,00101TM^2 + 0,00000435TM^3 + 0,00000243TM \cdot FH - 2,287 \cdot 10^{-14}FH^4$	88,06	0,390
$IA = 42,592 + 1,497TM - 0,0152TM^2 + 1,085 \cdot 10^{-11}FH^4 + 0,0000661TM^3 - 0,00141TM \cdot T - 2,227 \cdot 10^{-8}FH^3 + 0,000195FH \cdot T + 0,0000447TM \cdot FH - 0,204T - 0,0155FH$	90,59	5,230
$IR = 5549,35 - 0,061TM^2 + 0,0038FH \cdot T - 0,000068FH^2 + 0,00000285TM^4 + 2,388TM - 44,153T + 0,00049T^3 - 0,479FH$	59,18	40,665
$SR = 19,022 - 0,331TM + 0,0151TM^2 - 0,000000698TM^4 - 0,00003TM \cdot FH + 0,00107TM \cdot T - 0,0000378FH \cdot T + 0,00000271FH^2$	99,37	1,977
Equações (Processo soda)	R ²	Sxy
$K = 66,366 - 0,0384FH - 2,77 \cdot 10^{-9}T^4 + 1,94 \cdot 10^{-5}FH^2 - 2,37 \cdot 10^{-12}FH^4$	95,87	1,15
$RT = 45,775 - 0,0107FH + 3,03 \cdot 10^{-6}FH^2$	82,28	0,924
$RD = 41,0 - 1,89 \cdot 10^{-5}FH \cdot T$	68,63	0,96
$RJ = 2,709 - 0,00282FH + 8,37 \cdot 10^{-7}FH^2$	88,15	0,181
$AR = 4,385 - 1,62 \cdot 10^{-13}FH^4 + 0,00141FH - 5,54 \cdot 10^{-6}FH \cdot T$	77,80	0,159
$pH = 13,686 - 0,000951FH + 2,30 \cdot 10^{-7}FH^2$	86,59	0,083
$CAR = 4,338 + 0,0714TM - 0,0092TM^2 + 0,00000269TM^3 + 0,0000149FH \cdot T + 0,000218TM \cdot T - 1,285 \cdot 10^{-9}T^4 - 0,00238FH$	90,43	0,523
$AL = 0,782 + 0,0789TM - 0,000787TM^2 + 0,00000534TM \cdot FH + 0,00000317TM^3 + 1,06 \cdot 10^{-7}FH^2 - 0,0000634TM \cdot T$	92,80	0,277
$IA = 27,181 + 1,044TM - 0,0115TM^2 + 0,000107TM \cdot FH + 0,0000432TM^3 - 0,111T + 0,00435FH - 3,532 \cdot 10^{-13}FH^4$	91,94	4,862
$IR = 173,894 - 0,178TM^2 + 6,973TM + 0,00102TM^3 + 0,0444FH - 2,856 \cdot 10^{-12}FH^4$	76,75	29,54
$SR = 8,047 + 0,015TM^2 - 6,27 \cdot 10^{-7}TM^4 - 0,167TM - 0,0000338TM \cdot FH - 0,000343TM \cdot T + 2,861 \cdot 10^{-12}FH^4 - 6,107 \cdot 10^{-9}FH^3 + 0,0271FH - 0,000129FH \cdot T + 6,875 \cdot 10^{-9}T^4$	99,40	1,873

Sxy = Erro padrão de estimativa da regressão; K = Número kappa; RT = Rendimento total (%); RD = Rendimento denurado(%); RJ = Teor de rejeito (%); AR = Alcali ativo residual (g/l); pH = pH do licor residual; CAR = Comprimento de auto-ruptura (m); AL = Alongamento (%); IA = Índice de arrebatamento; IR = Índice de rasgo; SR = Grau Schopper Riegler FH = Fator "H"; T = Temperatura máxima de cozimento (°C); TM = Tempo de refino (min).

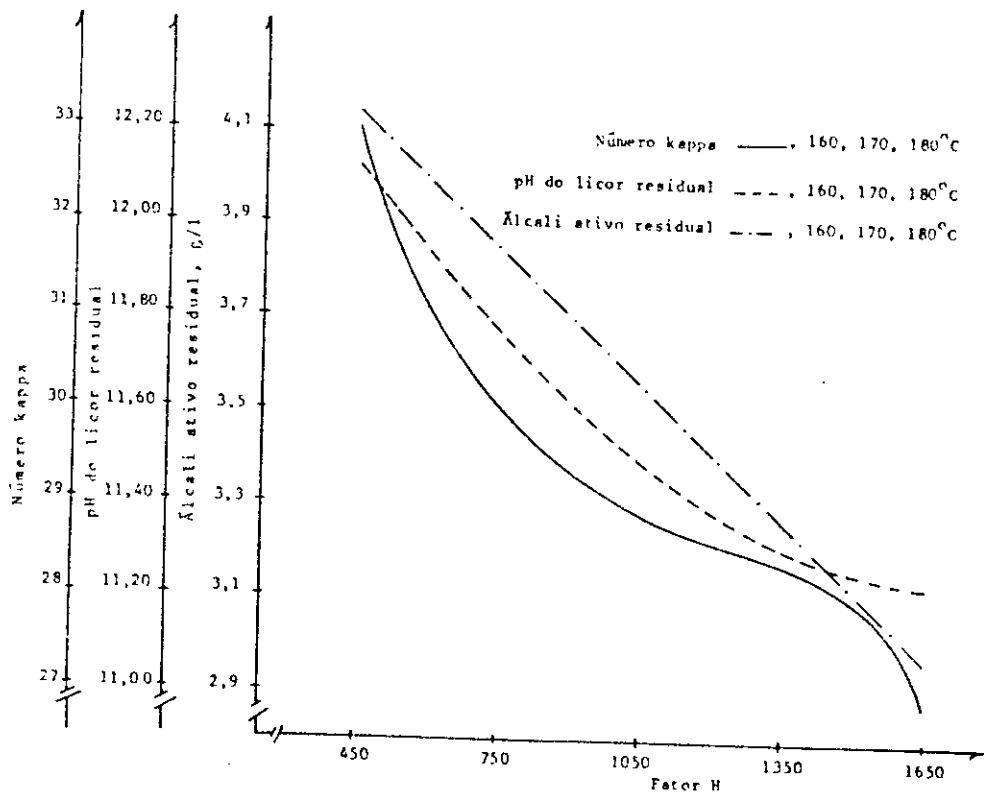


FIGURA 1 : Influência do fator H no número kappa das polpas, no álcali ativo residual e no pH do licor residual para três níveis de temperatura máxima (processo craft)

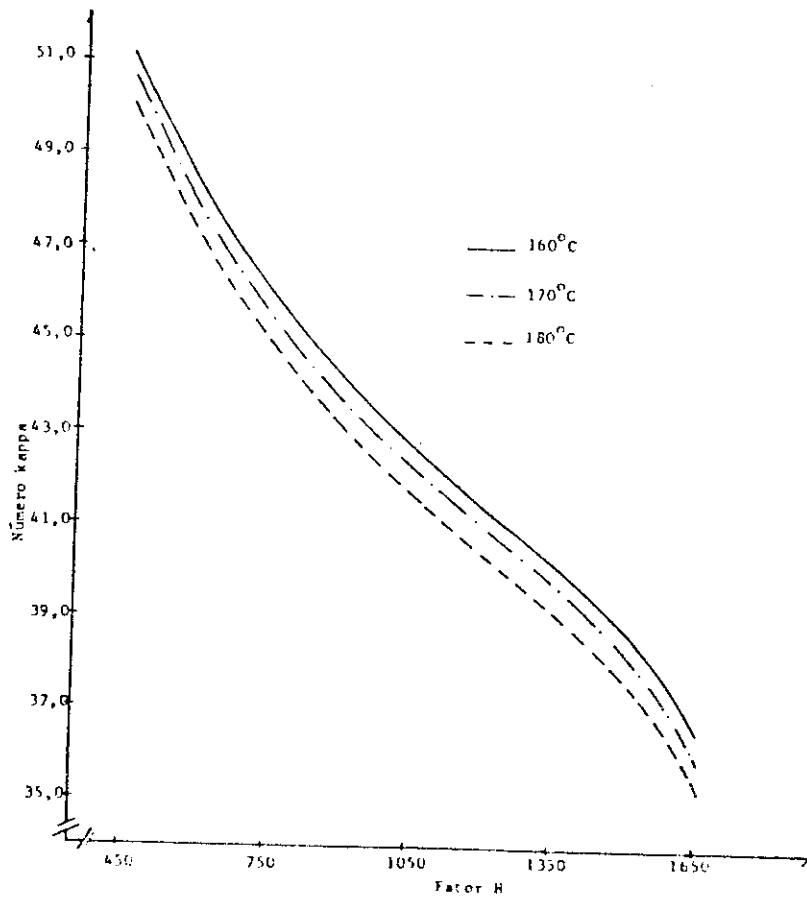


FIGURA 2: Influência do fator H no número kappa das polpas para três níveis de temperatura máxima (processo soda)

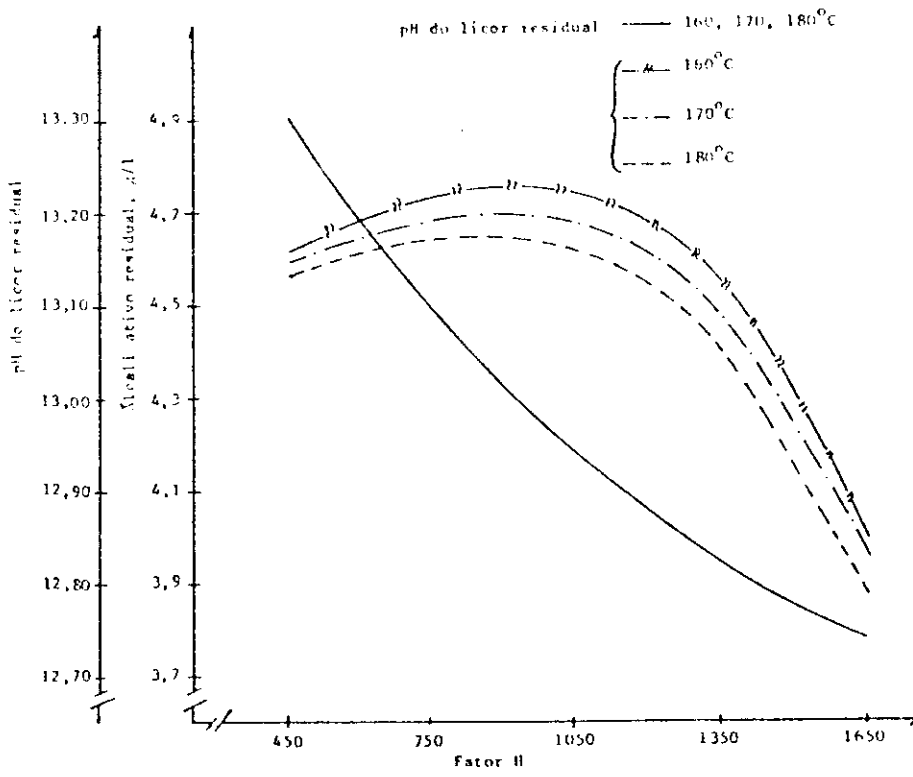


FIGURA 3 : Influência do fator H no pH e álcali ativo residual do licor residual para três níveis de temperatura máxima (processo soda)

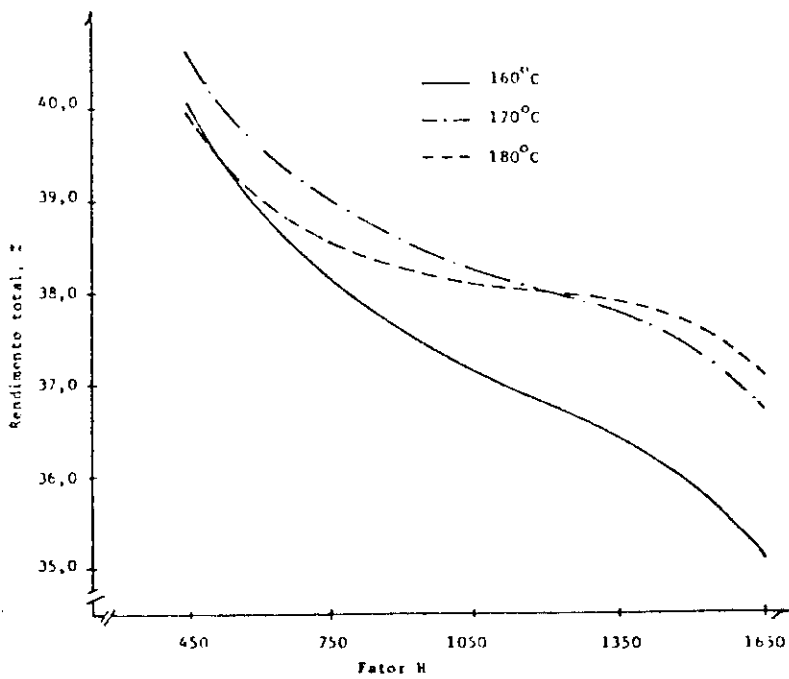


FIGURA 4 : Influência do fator H no rendimento total para três níveis de temperatura máxima (processo kraft).

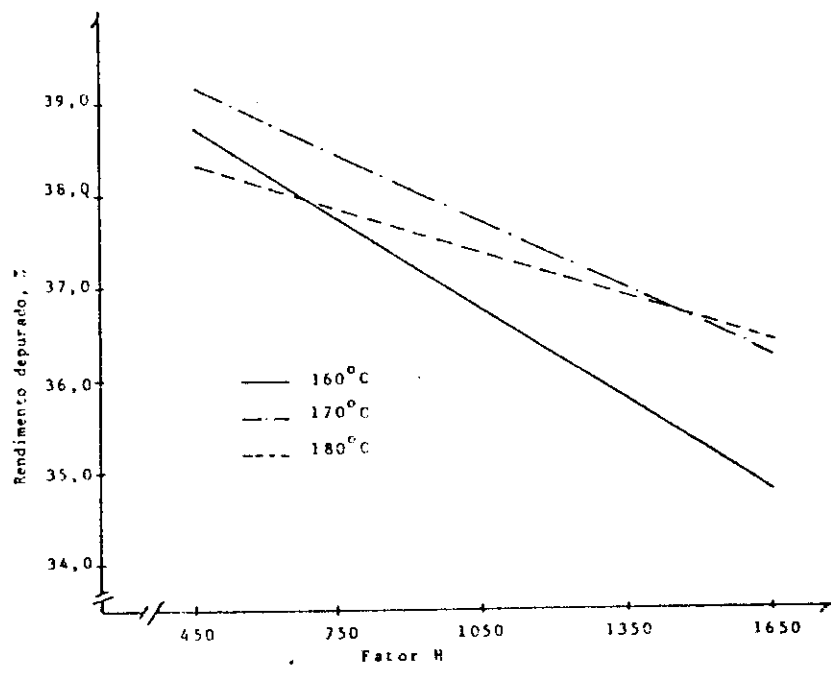


FIGURA 5: Influência do fator H no rendimento depurado para três níveis de temperatura máxima (processo kraft)

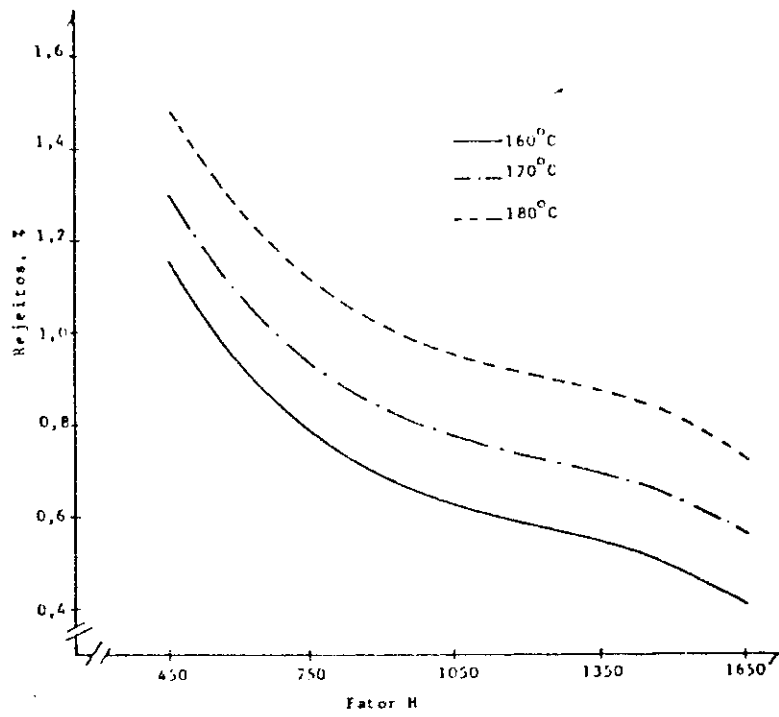


FIGURA 6: Influência do fator H nos teores de rejeitos para três níveis de temperatura máxima (processo kraft)

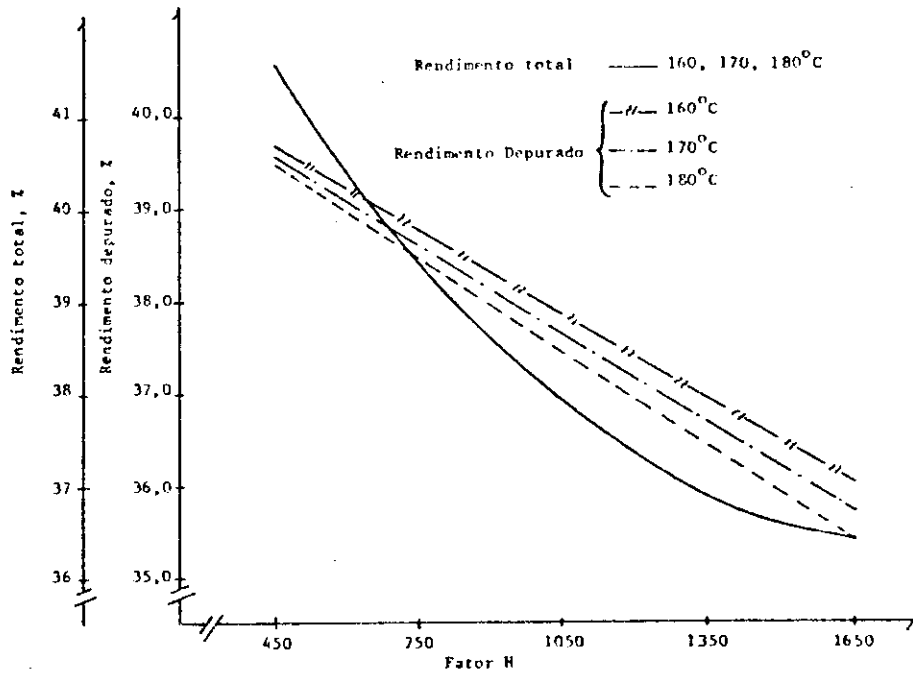


FIGURA 7: Influência do fator H nos rendimentos (total e depurado) para três níveis de temperatura máxima (processo soda)

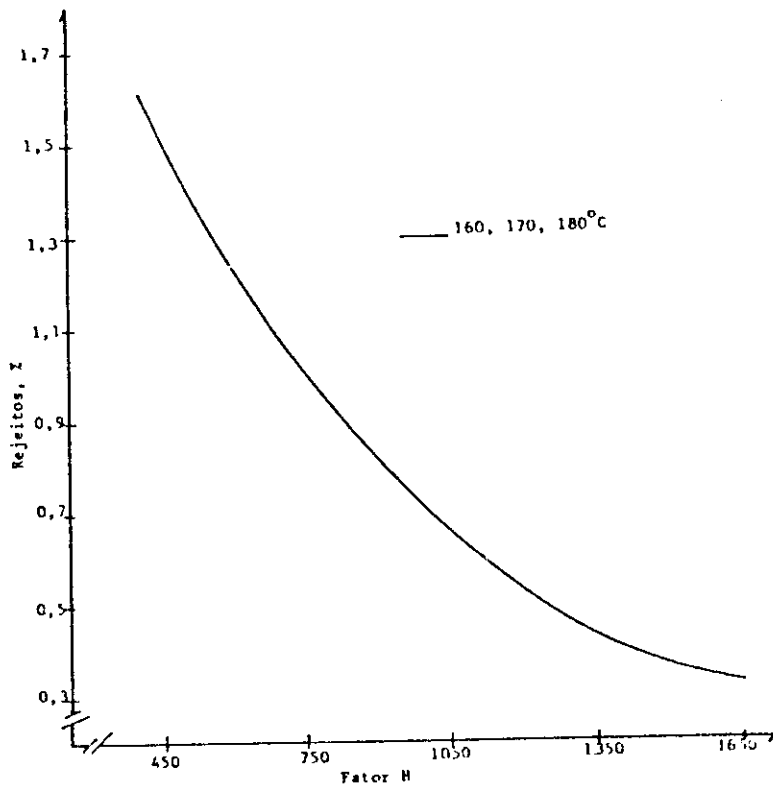


FIGURA 8: Influência do fator H nos teores de rejeitos para três níveis de temperatura máxima (processo soda)

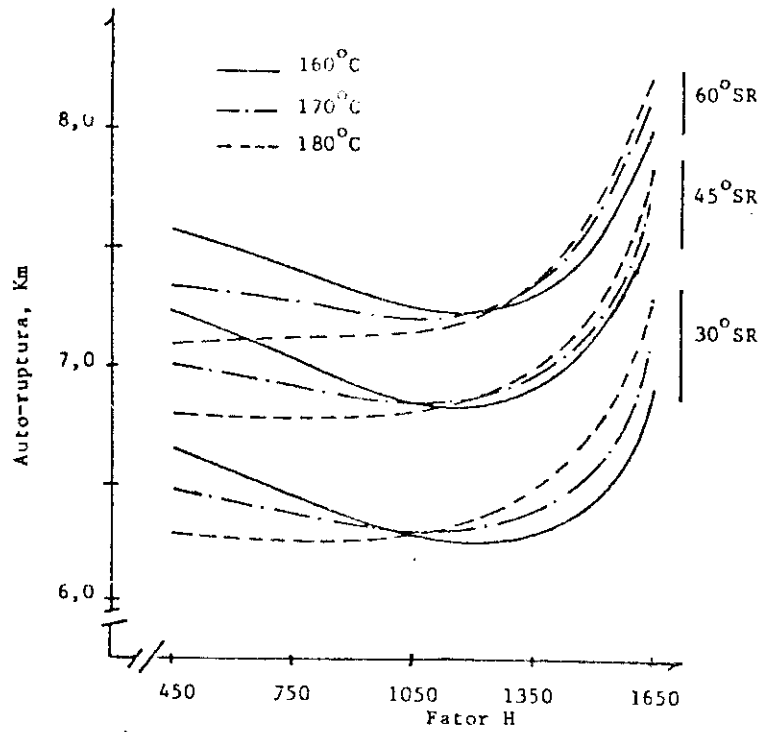


FIGURA 9: Influência do fator H no comprimento de auto-ruptura, para três níveis de temperatura máxima em três níveis de grau de refino (processo kraft)

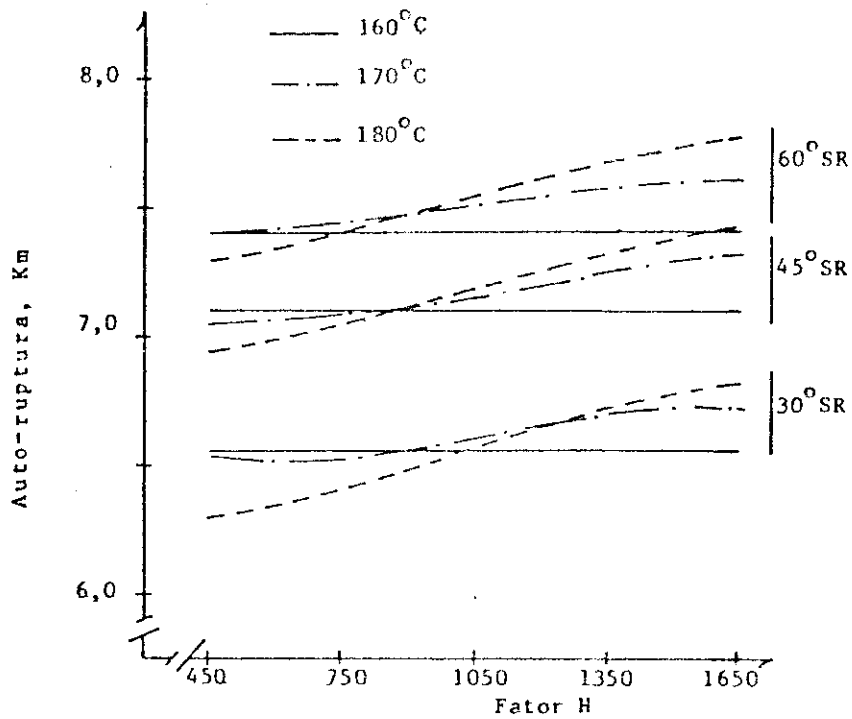


FIGURA 10: Influência do fator H no comprimento de auto-ruptura, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo soda)

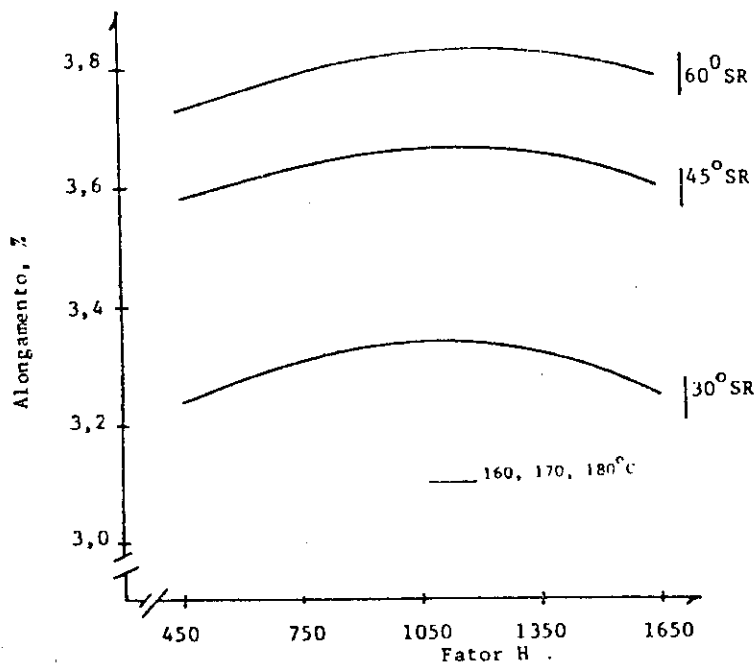


FIGURA 11: Influência do fator H no alongamento, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo kraft)

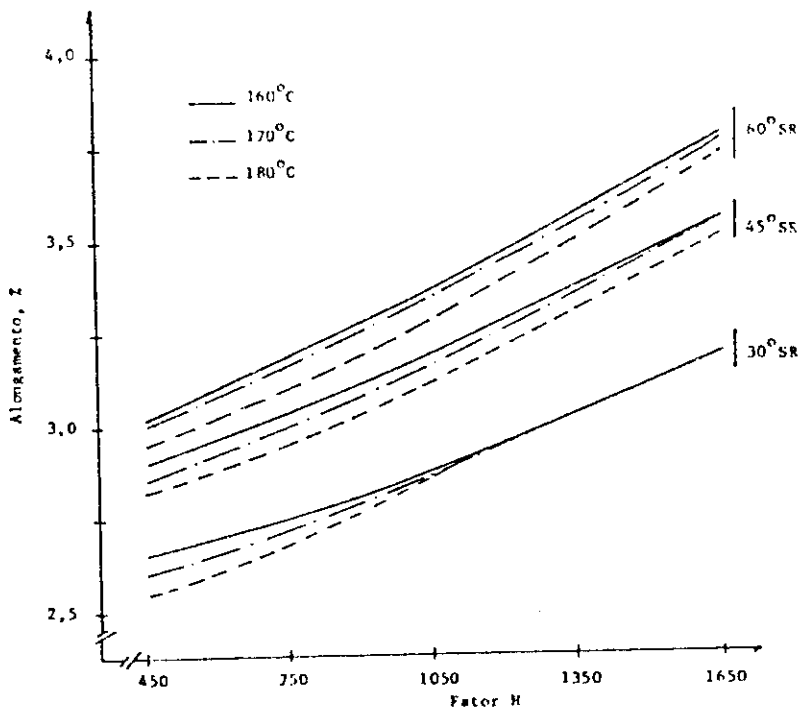


FIGURA 12: Influência do fator H no alongamento, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo soda)

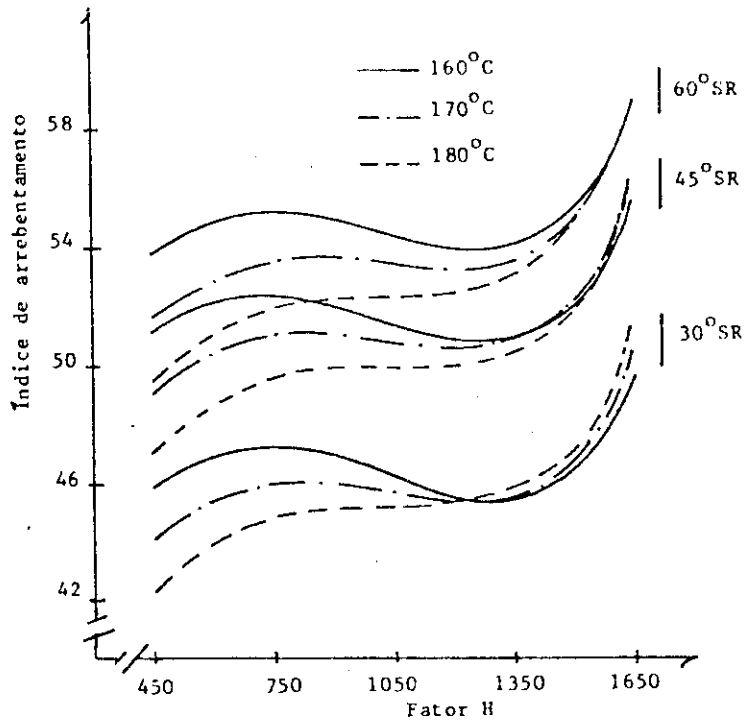


FIGURA 13: Influência do fator H no Índice de arrebentamento, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de graus de refino (processo kraft).

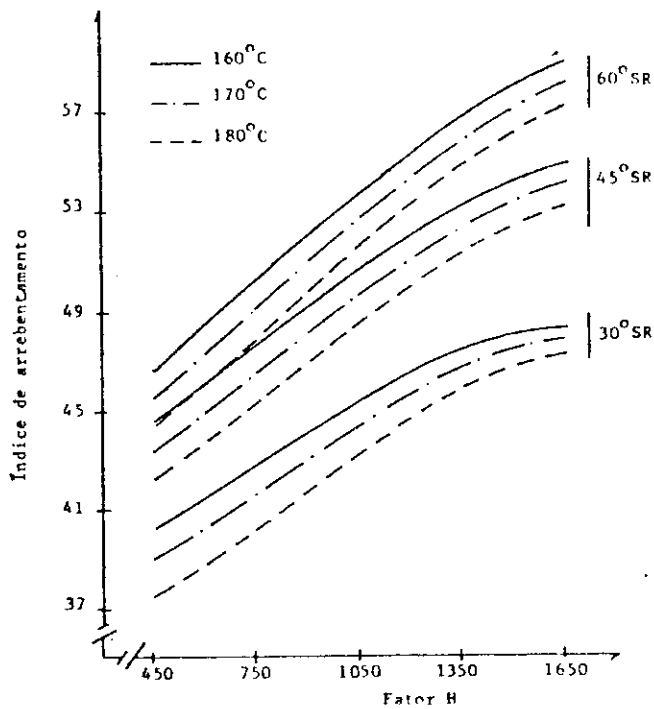


FIGURA 14: Influência do fator H no Índice de arrebentamento, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo soda)

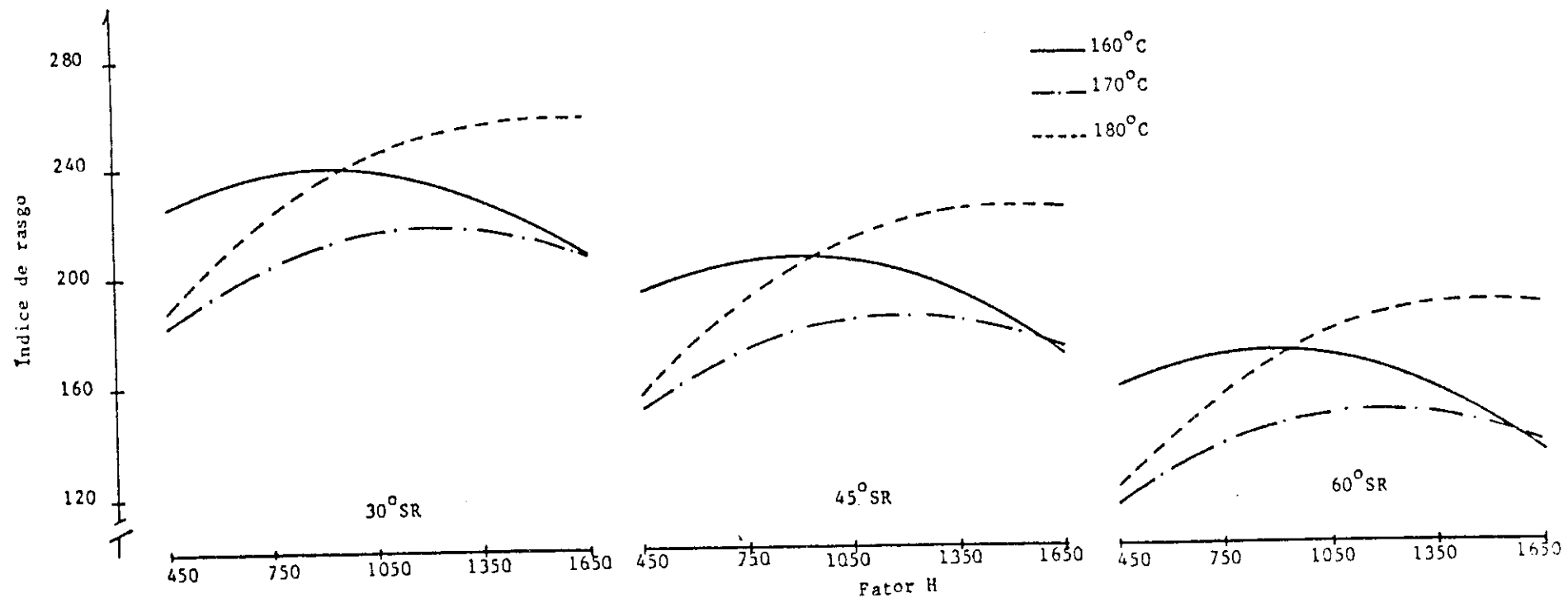


FIGURA 15: Influência do fator H no índice de rasgo, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo kraft)

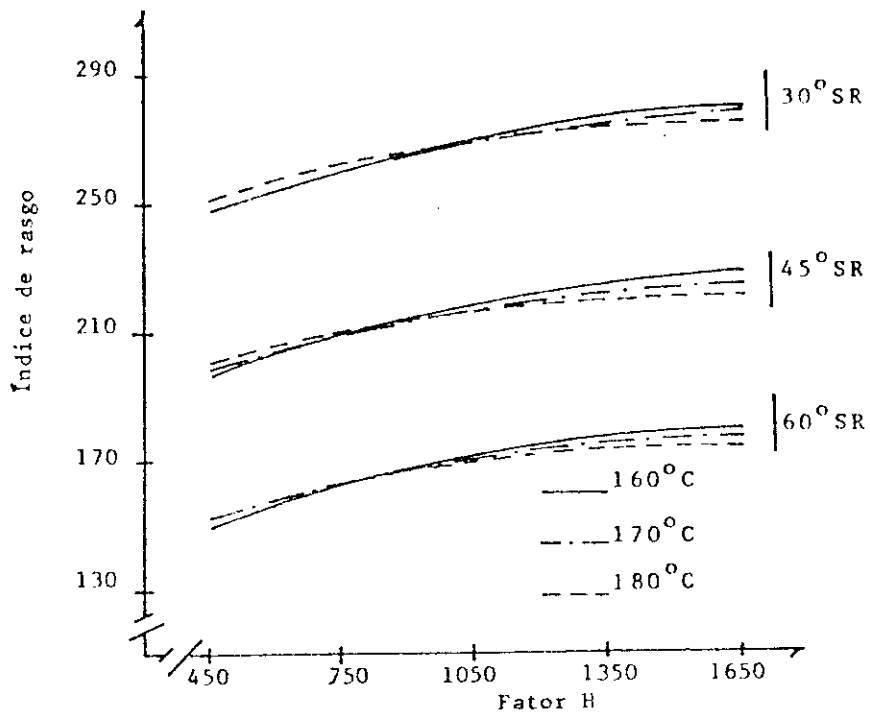


FIGURA 16: Influência do fator H no índice de rasgo, para três níveis de temperatura máxima, em três níveis de grau de refino (processo soda)