

Branqueamento de celulose de eucalipto com seqüências contendo oxigênio, xilanase, ozônio e peróxido

MFN -0007

N CHAMADA:

TITULO: Branqueamento de celulose de eucalipto com seqüências contendo oxigênio, xilanase, ozônio e peróxido

AUTOR(ES): Sacon, V.M.Yang, J.L.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 02.3. Branqueamento da Pasta Celulósica

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 26

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: Sòo Paulo

DATA: 22-26.11.1993

IMPRESSA: Sao Paulo, 1993, ABTCP

PAG/VOLUME: p.01-14,

FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 26, 1993, Sòo Paulo, p.01-14

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: oxigênio, xilanase, ozônio, peróxido de hidrogênio, pastas kraft, eucalipto, agentes de branqueamento, enzimas

RESUMO: Neste trabalho os autores desenvolveram processo que inclui o tratamento com enzima (xilanase) combinado com oxigênio, ozônio e peróxido de hidrogênio alcalino, frente a demanda de celuloses isentas de cloro. Quando a polpa foi branqueada na seqüência OXZP obteve-se facilmente alvura de 90,2 por cento ISO

**BRANQUEAMENTO DE CELULOSE DE EUCALIPTO
COM SEQUÊNCIAS CONTENDO OXIGÊNIO, XILANASE,
OZÔNIO E PERÓXIDO.**



- (1) Vera Maria Sacon
(2) Jan L. Yang

- (1) Riocell S. A. - Guaíba - RS - Brasil
(2) The University of Georgia - USA

RESUMO

Frente a demanda que o mercado oferece para celuloses isentas de compostos de cloro, desenvolveu-se um processo que inclui o tratamento com enzima (xilanase), combinado com oxigênio, ozônio e peróxido de hidrogênio alcalino em seus estágios de branqueamento.

O tratamento de xilanase em polpa kraft melhora a branqueabilidade nos estágios subsequentes.

A polpa de eucalipto, deslignificada com oxigênio, estágio de enzima e ozônio (OXZ) foi desenvolvida para obter-se número kappa mais baixo e mais alta alvura, para uma mesma carga de ozônio, comparada com a polpa branqueada sem o estágio de enzima (OZ).

Quando a polpa deslignificada e enzimada foi alvejada com 0,79% de ozônio, seguida de peróxido alcalino, isto é, branqueada na sequência OXZP a alvura de 90,2% ISO foi facilmente obtida comparada com a alvura da sequência controle OZP 84,7% ISO.

A estabilidade da alvura e propriedades físicas e mecânicas foram também avaliadas. Como referência a polpa de eucalipto foi branqueada usando a sequência ODEDED para alvura 90,2% ISO. A polpa branqueada no processo sem compostos de cloro, tem estabilidade de alvura mais alta, similar tração e alongação e rasgo levemente mais baixo, comparados com a polpa em referência.

Este processo foi patenteado pela Universidade da Geórgia - USA com o nome de processo Enzone e sua aplicação à celulose kraft de eucalipto foi possível graças à cooperação entre a Riocell e a citada universidade.

ABSTRACT

**BLEACHING OF EUCALYPTUS KRAFT PULP WITH SEQUENCES CONTAINING
OXYGEN, OZONE, XYLANASE AND PEROXIDE**

A new, non-chlorine bleaching process has been developed. This process comprises of xylanase treatment in combination with oxygen, ozone and alkaline hydrogen peroxide bleaching stages.

Trabalho apresentado no 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993.

Xylanase treatment of kraft pulps improves bleachability in subsequent stages. Eucalyptus pulp, delignified with a combination of oxygen, xylanase and ozone stages (OXZ) was found to have consistently lower kappa number, and higher brightness at the same level of ozone charge compared to an OZ bleached pulp without the enzyme stage. When the oxygen-bleached, xylanase treated eucalyptus pulp was delignified with 0.79% ozone, followed by an alkaline peroxide stage, i.e. bleached in the sequence OXZP, a brightness of 90,2% (ISO) was readily obtained compared to a brightness of 84.7% for the control, OZP pulp.

Brightness stability and the physical properties of bleached eucalyptus pulp have also been evaluated. As a reference the eucalyptus pulp was bleached using the sequence of ODEDED to brightness 90.2%. The bleached pulp with ozone has a higher brightness stability, similar tensile index and slightly lower tear index compared to the reference pulp.

I- INTRODUÇÃO

O uso do cloro e derivados do cloro, para o branqueamento de polpa kraft são os mais importantes e dominam a técnica de branqueamento na indústria de polpa e papel hoje. Do total de produção mundial de 25,6 milhões de toneladas de polpa kraft branqueada de mercado produzida em 1992, somente cerca de 0,5 milhões de toneladas foram branqueadas sem compostos contendo cloro (1-2). Durante a última década, houve uma modernização sem precedentes do processo de polpação e branqueamento. Instalações de cozimento kraft estendido, deslignificação com oxigênio e representativa substituição do cloro elementar por dióxido de cloro, têm reduzido drasticamente a formação de dioxinas e AOX ("adsorbable organic halogen"). Por esta razão seu impacto ambiental diminuiu significativamente (3-4).

Por outro lado, a preocupação pública com o ambiente tem ao mesmo tempo crescido enormemente. Este crescimento da consciência ambiental tornou-se uma força significativa no sentido de propiciar uma regulamentação mais rigorosa para compostos potencialmente perigosos nos efluentes. Depois de enormes esforços para melhorar a qualidade e modernização de suas operações, a própria indústria de polpa e papel ainda encontra-se em foco para o debate sobre possível impacto ambiental negativo dos processos de branqueamento de polpas.

A indústria de polpa e papel é uma indústria de capital intensivo e qualquer mudança envolve enormes custos.

No entanto, candidatos promissores para substituir o cloro e derivados do cloro, como o tratamento com xilanase ou deslignificação com o ozônio, como estágios individuais na seqüência de branqueamento, estão em ativa fase de comercialização (5-6), com algumas fábricas utilizando a evolução dessas tecnologias.

Tem-se estudado o efeito combinado para quatro estágios de branqueamento isentos de cloro, a saber, oxigênio, tratamento com xilanase, ozônio e peróxido de hidrogênio, em polpa kraft de fibras curtas e fibras longas.

Os resultados do uso do processo do ozônio para o branqueamento de polpa kraft de eucalipto são apresentados e discutidos neste trabalho.

II- MATERIAIS E MÉTODOS

A- Amostra de polpa

A polpa kraft não branqueada e a polpa kraft deslignificada foram coletadas na linha industrial da Riocell S. A., e posteriormente lavadas em laboratório da Universidade da Geórgia. As características destas polpas estão apresentadas na Tabela 1.

B- Produção e preparação da enzima

A enzima foi produzida em batelada por fermentação de fungos *Aureobasidium pullulans*. O cultivo e sub-seqüente preparação da cultura filtrada foi previamente descrita (7). Através de teste com xilana, manose, carboximetilcelulose e arabinogalactana, da madeira de Bétula, verificou-se que a atividade hidrolítica dessa cultura filtrada consistia somente da atividade da endo-xilanase (480 unidades/ml). Uma unidade de atividade de xilanase foi definida como a quantidade de enzima liberada em uma μmol de xilose equivalente por minuto à temperatura presente.

C- Procedimento para branqueamento da polpa

A polpa foi desintegrada a 10.000 revoluções em desintegrador (Noram, PQ, Canadá) em sala de temperatura controlada antes do branqueamento. A suspensão de polpa foi filtrada em funil Büchner e então colocada em sacos de polyester de camada dupla. O tratamento de xilanase (X) foi conduzido a uma consistência da polpa 10% com solução tampão de acetato de sódio 5 mM e pH 5,0 com uma carga de xilanase de 2 unidades/g polpa a 50°C, durante 90 min. Após o tratamento enzimático a polpa foi lavada com água. O tratamento de todas as polpas nas seqüências-controle foi realizado em idênticas condições, porém, sem enzima.

A deslignificação com ozônio foi realizada até o final em ambos os tratamentos sob alta consistência. A polpa foi primeiro acidificada com ácido sulfúrico para pH na faixa de 2-3 e então desagüada com prensa manual para consistência de aproximadamente 40%. A polpa foi subsequentemente desfibrada (em forma de algodão) em moinho de martelo antes do tratamento com ozônio. Dois diferentes geradores de ozônio com capacidade de produção de 3-6 g ozônio/h e 80-200 g ozônio/h respectivamente, rendendo uma concentração de ozônio de 1-5% (w/w) foram usados neste estudo. A reação típica para a carga de ozônio, contendo 50 g de polpa s.e. variou entre 0,1 a 3,0% (w/w) foi realizada por 3 - 7 minutos à temperatura ambiente. A concentração de ozônio foi determinada por titulação iodométrica.

Seguido o estágio de ozônio e antes da entrada do estágio de peróxido, as polpas foram tratadas em três diferentes maneiras:

- a- usada diretamente sem nenhum tratamento,
- b- acidificação para pH 2,0 com ácido sulfúrico 10mM (A) e então lavada com água, ou
- c- quelada com 0,2% de ácido dietiltriamina pentaacético (DTPA) e 3,0% NaHSO_3 expressa como SO_2 base polpa s.e. a uma consistência de 10%, pH 4,5 durante 15 minutos a 80°C (Q).

Para o estágio de peróxido de hidrogênio (P), polpa e água foram aquecidas na temperatura desejada e misturadas com os químicos de branqueamento para uma consistência de 10%. Este procedimento foi também adotado, quando realizados os estágios de dióxido de cloro (D) e extração alcalina (E). Após decorrido o tempo de reação as polpas foram filtradas e lavadas com água destilada. O residual peróxido de hidrogênio e dióxido de cloro foi checado por titulação iodométrica dos filtrados. Condições dos branqueamentos para os diferentes estágios são apresentados na Tabela 2.

D- Análises das propriedades físicas e químicas da polpa.

As propriedades físicas e químicas das polpas, foram analisadas de acordo com os testes e métodos Tappi: T 205 om - 88 (formação de folhas para testes físicos da polpa), T 227 om-85 (Freeness da polpa), T 230 om-89 (viscosidade da polpa), T 236 cm-85 (número kappa da polpa), T 248 cm-85 (refino da polpa) e T 525 om-86 (alvura da polpa). As propriedades físicas da polpas branqueadas foram analisadas no "Institute of Paper Science and Technology (IPST)", Atlanta, Geórgia.

E- Reversão de alvura

As folhas secas das polpas kraft branqueadas foram mantidas em estufa a 105°C por 2,4 e 6 horas. Em seguida, as folhas das polpas secas foram colocadas em caixa preta em sala climatizada por 2h e finalmente lidas as alvuras.

III-RESULTADOS

A- Efeito do tratamento de xilanase e ozônio na polpa de eucalipto.

A polpa industrial deslignificada com oxigênio foi tratada com *Aureobasidium-xilanase*. A polpa tratada com xilanase sofreu redução do número kappa de 8,4 para 7,5 e a viscosidade aumentou de 23,1 para 25,1 mPa.s e alvura de 53,2 para 55,4% ISO - (Tabela 3). Também foi obtido efeito similar do tratamento de xilanase em polpa de eucalipto não branqueada.

O efeito da carga de ozônio, na polpa deslignificada com oxigênio foi extensivamente investigada e os resultados estão sumarizados nas Figuras 1 e 2. O número kappa da polpa analisada diminuiu facilmente de 8,4 para menos de 2 com aumento gradual das cargas de ozônio para cerca de 1,0% (Figura 1).

No entanto, a viscosidade das polpas foram também reduzidas drasticamente (Figura 2). Depois da seqüência OXZ, a polpa ficou com número kappa mais baixo e alta alvura. O mesmo ocorre para a polpa OZ com os mesmos níveis de carga de ozônio. A alvura da polpa tratada com xilanase, desenvolveu-se muito mais rápido e tem maior alvura comparada com a polpa OZ.

B- Efeito do Pré-tratamento antes do Estágio de Peróxido

A presença dos íons metálicos de transição, como Mn^{+2} e Fe^{+2} , em polpas é conhecida por determinar os efeitos da eficiência do branqueamento no estágio de peróxido alcalino. Os efeitos do pré-tratamento da polpa por ácido ou agentes quelantes antes do estágio de peróxido alcalino foram estudados através do número kappa, viscosidade e alvura. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

O pré-tratamento da polpa com lavagem ácida e DTPA melhoram a eficiência do estágio de peróxido e resultaram em elevada alvura e baixo número kappa das polpas. Isto deve ser notado no estágio de ozônio, o qual é conduzido até o final com pH 2-3 e consequentemente tem o efeito da lavagem ácida. Todavia, o uso do agente quelante DTPA é significativamente mais efetivo do que a lavagem ácida. Por isso o pré-tratamento com DTPA de polpa ozonizada foi aplicado antes do estágio P.

C- Efeito do Estágio de Peróxido na Polpa Tratada com o Ozônio.

O estágio de peróxido de hidrogênio alcalino foi aplicado como estágio final. As propriedades das polpas após os estágios OXZP e OZP respectivamente são apresentados na Figura 3. A alvura é significativamente maior na polpa branqueada OXZP, comparada com a polpa OZP. No entanto, a alvura máxima em torno de 92% ISO foi desenvolvida com ambas as seqüências OXZP e OZP controle. As viscosidades das polpas tratadas com ozônio (TAPPI 230) são geralmente baixas. A viscosidade da polpa objetivada com alvura 90% ISO, usando a seqüência OXZP é 9,2 mPa.s.. Todavia, para a mesma alvura da polpa branqueada OZP tem-se viscosidade somente de 6,7 mPa.s..

D- Comparação de Algumas Propriedades das Polpas Branqueadas em Diferentes Seqüências.

A comparação de algumas propriedades das polpas branqueadas de eucaliptos, em diferentes seqüências está apresentada na Tabela 5. A polpa foi branqueada para alvura na faixa de 83 a 92% ISO com diferentes seqüências de OXZP, OXPZ e OXZPZ. Como polpa de referência a polpa de eucalipto foi também branqueada usando a seqüência ODEDED

para alvura de 90,2% ISO. A polpa branqueada na seqüência OXZP tem alta alvura comparada com OXPZ e OXZPZ, para o mesmo nível de carga total de ozônio. A viscosidade das polpas branqueadas foram em geral baixas, somente entre 9,2 e 12,4 mPa.s. comparada com a polpa referência (ODEDED) 24,6 mPa.s. Todavia, o efeito do tratamento da xilanase foi significativo, contribuindo para um aumento de alvura de 1 a 4 pontos, e aumentando a viscosidade sensivelmente em várias seqüências, particularmente em OXZP, comparada com a seqüência controle sem xilanase.

A estabilidade da alvura das polpas branqueadas também foi testada (Tabela 6). A alvura foi bastante estável, quando o peróxido alcalino foi aplicado em estágio final como na seqüência OXZP. A polpa branqueada OXZP melhor estabilidade de alvura comparada com a polpa branqueada referência ODEDED. Seqüências finalizadas com estágio Z (OXZPZ) mostram reversão de alvura maior.

E- Propriedades Físicas das Polpas Branqueadas

As propriedades físicas das polpas branqueadas com as seqüências OXZP e a ODEDED (referência) foram realizadas no "Institute of Paper Science and Technology (IPST)". Os resultados obtidos da refinação e testes físicos estão apresentados na Tabela 7 e Figura 4. A polpa branqueada com ozônio é muito similar à polpa referência no desenvolvimento do "freeness" durante o refino, embora a viscosidade da polpa branqueada OXZP seja somente 9,2 mPa.s., muito mais baixa quando comparada com a viscosidade da polpa referência de 24,6 mPa.s.. Os valores de tração de ambas as polpas são muito similares, embora, a polpa branqueada OXZP mostre valores de rasgo baixos (10 a 25%) comparada com a polpa referência.

IV- DISCUSSÃO

O efeito do tratamento de xilanase, como um estágio de branqueamento de polpas kraft, foi estudado em muitos laboratórios e também em testes industriais (8-12). O tratamento de xilanase facilita o branqueamento das polpas tratadas nos estágios subseqüentes, reduz a necessidade dos químicos contendo cloro, é altamente seletivo sobre a xilana remanescente na polpa e pode manter ou melhorar as propriedades físicas da polpa (8-11). Em escala piloto e testes industriais, usando comercialmente a xilanase disponível demonstraram-se estes benefícios (12). As viscosidades das polpas deslignificadas com ozônio são geralmente mais baixas que o branqueamento convencional de polpas. No entanto, o rápido decréscimo da viscosidade durante o branqueamento com ozônio, não é acompanhado pelo decréscimo esperado das resistências físicas. Muitos estudos sobre este assunto em particular já foram realizados (13-16). A explicação mais comum para este fenômeno é que o tratamento de ozônio introduz substancial quantidade de grupos carbonila nos carboidratos presentes na polpa. Estas unidades de carbonilas são muito propensas para reagir sob condições alcalinas, como no estágio de extração alcalina ou em cuproetilenodiamina (CED) usado na medida da viscosidade. Como resultado observado no teste com CED, as cadeias de carboidratos das fibras ozonizadas são encurtadas e obtem-se visivelmente viscosidade mais baixa.

Devido a este fenômeno reconhecido, novos testes têm sido adotados para medir o verdadeiro valor da viscosidade das polpas ozonizadas, como o tratamento da fibra com borohidreto.

Desta maneira, considera-se que as propriedades físicas de polpas branqueadas com ozônio refletem o real valor de resistência da polpa. A polpa branqueada na seqüência OXZP, tem somente uma viscosidade em torno de 10 mPa.s. e alvura 90% ISO, mas mostra propriedades físicas de resistência comparáveis com a polpa branqueada ODEDED com viscosidade 24,6 mPa.s..

Este processo foi patenteado pela Universidade da Georgia - U.S. A. com o nome de Processo Enzone e sua aplicação à celulose Kraft de eucalipto foi possível graças à cooperação entre Riocell e a citada Universidade.

Referências

- 1- Pearson, J., PPI. 65(10):66(1991).
- 2- Cockram, R., PPI. 65(6):49(1991).
- 3- McDonough, T. J., Pulp & Paper, 66(9):61(1992).
- 4- Forbes, D. R., Pulp & Paper, 66(9):79(1992).
- 5- Senior, D. J. and Hamilton, J. H., Pulp & Paper, 66(9):111(1992).
- 6- Nutt, W. E., 1992 Pulp Conference Proceedings, Tappi Press, Atlanta, Preprints.
- 7- Yang, J. L. and Eriksson, K. L., *Holzforschung*, in press 1992.
- 8- Kantelinen, A., Ratto, M., Sundquist, J., Ranua, M., Viikari, L. and Linko, M., 1988 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, Tappi Press, Atlanta, p. 1.
- 9- Pedersen, L. S., and Elm, D. D., 1991 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, SPCI, Stockholm, vol. 2, p. 107.
- 10- Yang, J. L., Lou, G. and Eriksson, K.-E.L., *Tappi J.* in press, 1992.
- 11- Clarke, T. A., Mc. Donald, A. G., Senior, D.J. and Mayers, P. R., In: *Biotechnology in Pulp and Paper Manufacture* (Kirk, T.K. and Chang, H.-m., eds.). Butterworths-Heinemann, Boston, 1989, p.153.
- 12- Pedersen L.S., Kihlgren, P., Nissen, A.M. and Munk, N., 1992 Pulp Conference Proceedings, Tappi Press, Atlanta, Preprints.
- 13- Gupta, M.K. and Eckert, R.C., 1984 Oxygen Delignification Symposium Proceedings, Tappi Press, Atlanta, p.133.
- 14- Godsay, M.P. and Pearce, E. M., 1984 Oxygen Delignification Symposium Proceedings, Tappi Press, Atlanta, p.55.
- 15- Hartler, N., Granlund, V., Sundin, J. and Tubek-Lindholm, A., 1991 International Pulp Bleaching Conference Proceedings, SPCI, Stockholm, Vol.2, p.75.
- 16- Godsay, M.P., In Ph.D dissertation: "Ozone-Cellulose Studies: Physico-Chemical Properties of Ozone Oxidized Cellulosic and Lignocellulose Materials", University Microfilms International, 300N. Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48106, 1985, p.126-173.

Tabela 1 - Características das polpas de Eucalipto produzidas em fábrica.

POLPA	NÚMERO KAPPA	VISCOSIDADE (mPa.s)	ALVURA (% ISO)
Não Branqueada	12.1	29.5	34.0
Branqueada com oxigênio	8.4	23.1	53.0

Tabela 2 - Condições de branqueamento de uma polpa de Eucalipto Kraft deslignificada com oxigênio.

SÍMBOLO	CARGA QUÍMICA (%)	TEMPO DE REAÇÃO (min.)	TEMP. DE TRATAMENTO (°C)	pH	CONSISTÊNCIA (%)
Seqüência de Ozônio: OXZP					
X	2U Xilanase/g polpa	90	50	5.0	10
Z	ozônio: 0.1 - 3.0	3 - 7	ambiente	2 - 3	35 - 45
P	H ₂ O ₂ : 1.0 NaOH: 1.0 Na ₂ SiO ₃ : 2.0	180	70	>11	10
Seqüência Referência: ODEDED					
D1	como cloro ativo: 1.5	120	50	2.5-3.0	10
E1	NaOH: 1.0	10	60	>11	10
D2	como cloro ativo: 1.75	90	75	2.5-3.0	10
E2	NaOH: 1.0	10	60	>11	10
D3	como cloro ativo: 0.75	90	75	2.5-3.5	10
Lavagem	como SO ₂ : 0.1	15	ambiente	-	10

Tabela 3 - Efeito do tratamento com xilanases sobre as polpas de Eucalipto usadas comercialmente.

POLPA	NÚMERO KAPPA	VISCOSIDADE (mPa.s)	ALVURA (% ISO)
Não Branqueada	12.1	29.5	34.0
X	10.9	31.0	36.6
Branqueada com oxigênio	8.4	23.1	53.0
OX	7.5	25.1	55.4

Tabela - 4 - Efeito do pré-tratamento da polpa por ácido (A) ou agente quelante (Q) antes do estágio de peróxido, residual de peróxido, número Kappa, viscosidade e alvura. (Estágio P: 1.0% H₂O₂, 1.0% NaOH, Na₂SiO₃ 2.0%, 180 min. e 10% de consistência; Estágio Z: 0,39% de ozônio consumido na polpa, 3 min. e 40% de consistência).

SEQÜÊNCIA DA AMOSTRA	H ₂ O ₂ CONSUMIDO NA POLPA (%)	NÚMERO KAPPA	VISCOSIDADE (mPa.s)	ALVURA (%ISO)
OXZP	100.0	1.4	10.9	80.5
OXZAP	94.6	1.3	9.8	82.2
OXZQP	47.0	1.2	10.9	83.4
OXZP	100.0	5.4	21.7	64.8
OXZAP	94.6	5.1	20.1	71.5
OXZQP	56.5	4.7	22.0	73.4
OP	100.0	5.5	21.4	62.2
OAP	99.3	5.3	18.9	67.3
OQP	83.0	5.1	21.8	71.1

Tabela 5 - Comparação de algumas propriedades das polpas de Eucalipto branqueadas em diferentes seqüências de branqueamento (estágio P: 1.0% H₂O₂, 1.0% NaOH, Na₂SiO₃ 2.0%, 180 min. e 10% de consistência).

SEQÜÊNCIA DE BRANQUEAMENTO	OZÔNIO CONSUMIDO NA POLPA (%)	VISCOSIDADE (mPa.s)	ALVURA (%ISO)
OXZP	0.54	10.1	86.1
	0.79	9.2	90.2
OZP	0.57	9.9	81.4
	0.76	9.3	84.7
OXZPZ	0.81	12.4	83.2
OPZ	0.82	11.1	82.7
OXZ ₁ PZ ₂	Z ₁ : 0.35; Z ₂ : 0.53	11.0	87.5
OZ ₁ PZ ₂	Z ₁ : 0.35; Z ₂ : 0.53	10.0	86.1
OZPZPZ	-	24.6	90.2

Tabela 6 - Reversão da alvura das polpas de Eucalipto Kraft branqueadas (mantidos a 105°C por 2, 4 e 6 horas).

SEQUÊNCIA DE BRANQUEAMENTO	TEMPO DE REVERSÃO	ALVURA (%ISO)		p.c.n° *
		REAL	REVERTIDA	
OXZP	2	90.2	88.3	0.24
	4	90.2	87.8	0.32
	6	90.2	87.6	0.35
ODEDED	2	90.2	87.7	0.33
	4	90.2	87.0	0.44
	6	90.2	86.6	0.51

* p.c.n° (post color number) - número de cor posterior, usado como uma medida de reversão de cor.

Tabela 7 - Comparação das propriedades físicas e refino das polpas de Eucalipto Kraft branqueadas nas sequências OXZP e ODEDED. A polpa OXZP tem viscosidade de 9.2 mPa.s e alvura 90.2%, enquanto que a polpa ODEDED tem viscosidade de 24,6 mPa.s e alvura de 90.2%.

PFI (REVOLUÇÃO)	CSF (ml)	ÍNDICE DE RASGO (mNm ² /g)	ÍNDICE DE TRACÃO (Nm/g)
OXZP			
0	525	7.0	39.5
1000	462	8.4	54.4
2000	383	8.4	66.8
3000	306	7.5	71.6
4000	230	7.0	79.2
ODEDED			
0	602	4.7	26.4
1500	475	9.8	64.1
3000	386	9.2	78.7
4500	286	9.4	79.0

FIGURAS

Figura 1

Efeito da deslignificação com ozônio sobre a alvura e número kappa de polpas de Eucalypto branqueadas com oxigênio, tratadas com ou sem xilanase.

Figura 2

Efeito da deslignificação com ozônio sobre a alvura e viscosidade de polpas de Eucalypto branqueadas com oxigênio, tratadas com ou sem xilanase.

Figura 3

Efeito do estágio de peróxido sobre a alvura e viscosidade das polpas deslignificadas nas seqüências de OXZ ou OZ com diferentes cargas de ozônio (estágio P: 1.0% H₂O₂, 1.0% NaOH, Na₂SiO₃ 2.0%, 180 min. e 10% de consistência).

Figura 4

Relação entre o rasgo e tração da polpa kraft branqueada nas seqüências de OXZP e ODEDED.

* p.e.g. (para color number) - número de CFT pasteurizado usado como uma medida de branqueamento da polpa

Tabela 7 - Comparação das propriedades físicas e químicas das polpas de Eucalypto Kraft branqueadas nas seqüências OXZP e ODEDED. A polpa OXZP tem viscosidade de 0.2 mPa.s e alvura 90.2%, enquanto que a polpa ODEDED tem viscosidade de 24.0 mPa.s e alvura de 90.2%

Seqüência	Alvura (%)	Viscosidade (mPa.s)	Rasgo (mm)	Tração (N/m)
OXZP				
0	90.2	0.2	1.0	1.0
100	90.2	0.2	1.0	1.0
200	90.2	0.2	1.0	1.0
300	90.2	0.2	1.0	1.0
400	90.2	0.2	1.0	1.0
500	90.2	0.2	1.0	1.0
ODEDED				
0	90.2	24.0	1.0	1.0
100	90.2	24.0	1.0	1.0
200	90.2	24.0	1.0	1.0
300	90.2	24.0	1.0	1.0
400	90.2	24.0	1.0	1.0
500	90.2	24.0	1.0	1.0

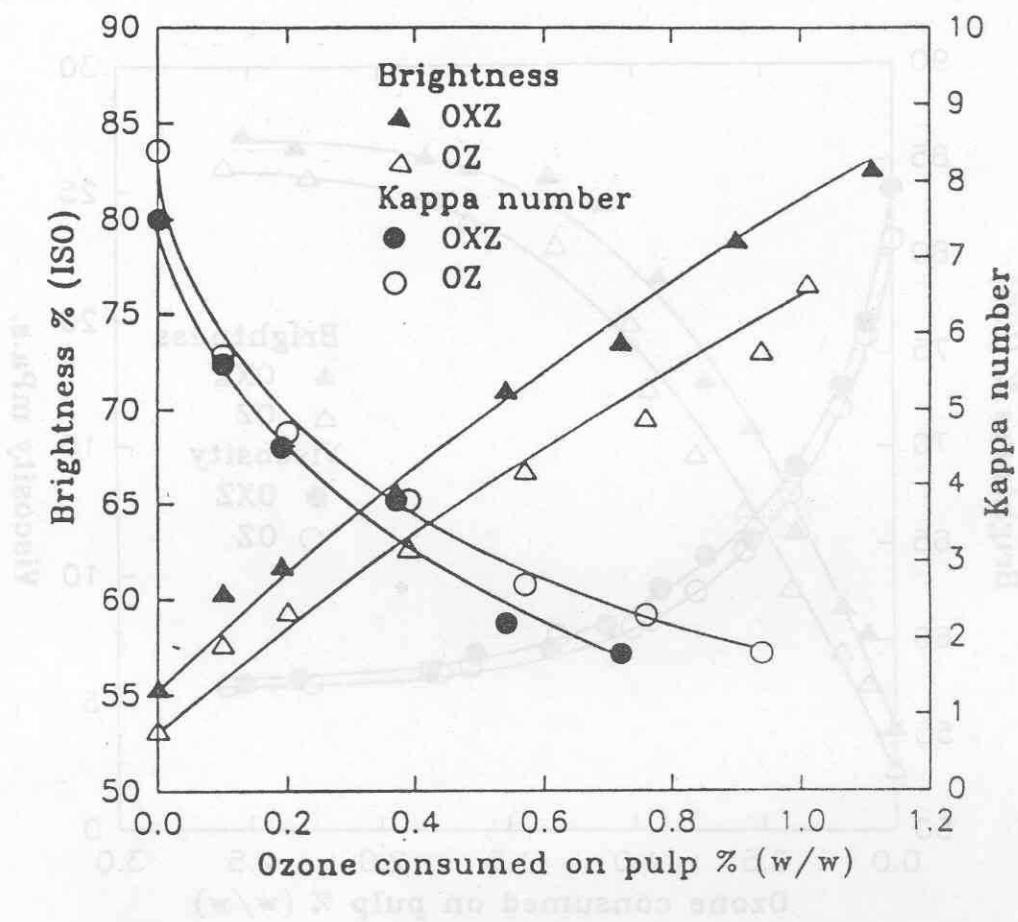


Figure 1

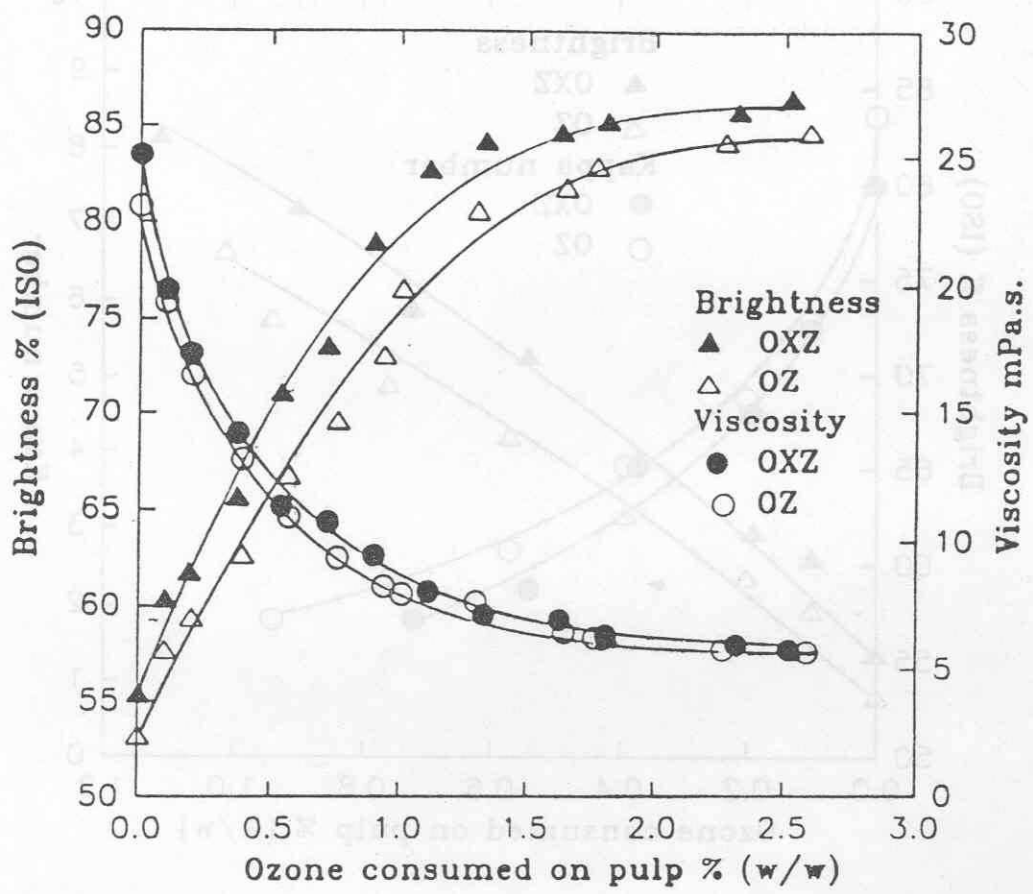


Figure 2

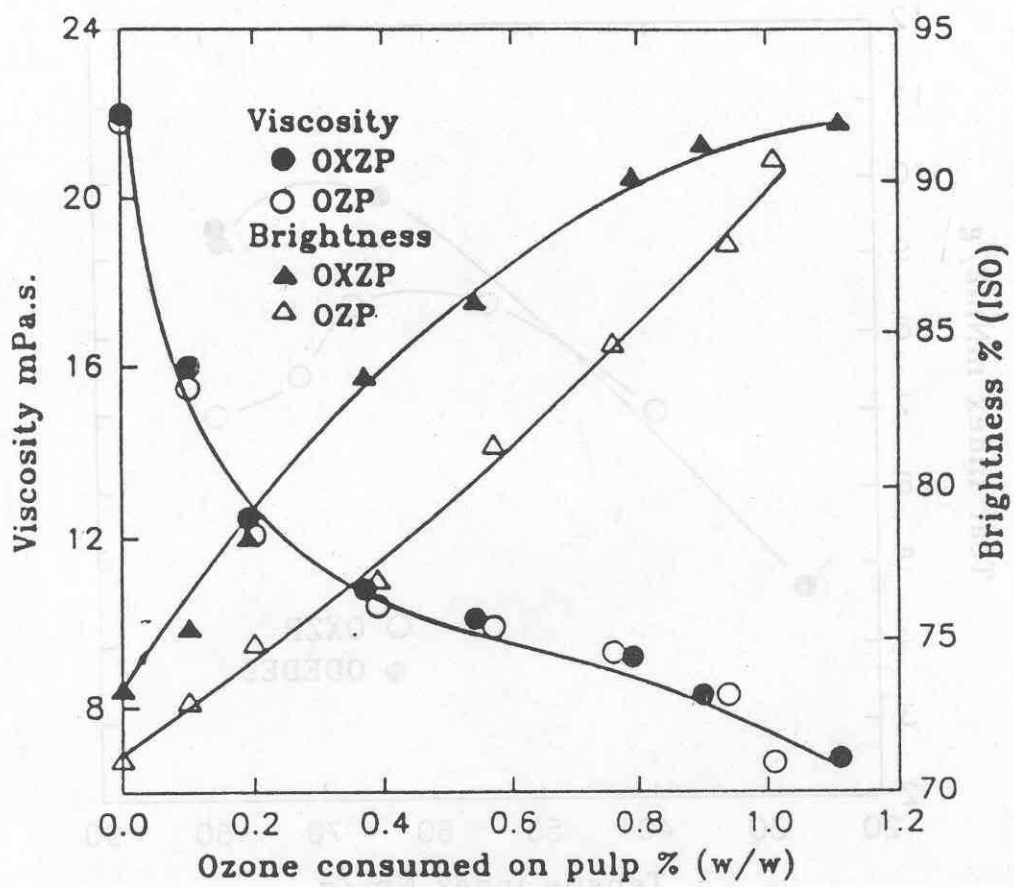


Figure 3

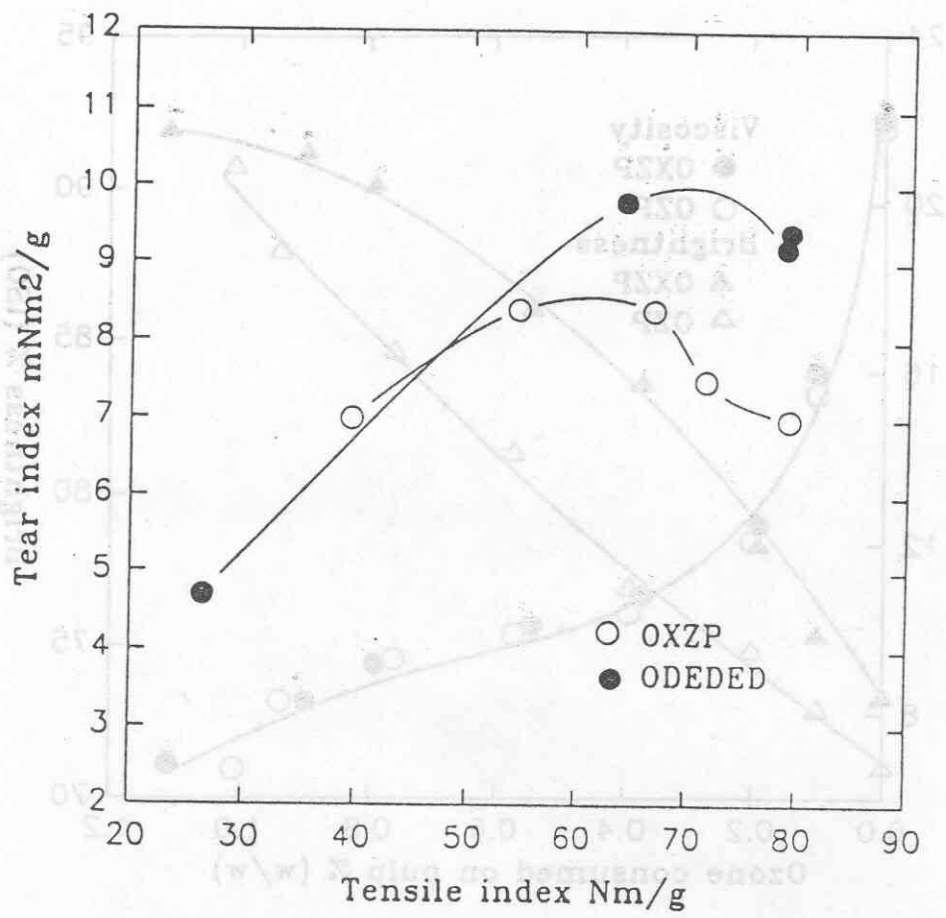


Figure 4