



Águas e efluentes
oculosos Kraft 395
efluente zero 1095

3966

INDEXADO

O conceito da fábrica de polpa *kraft* branqueada isenta de efluentes - uma revisão - parte I

Ann H. Mounteer*

Jorge L. Colodette**

Ana S. Campos H. de Brito***

Nos últimos anos, a indústria de polpa *kraft* branqueada tem sofrido fortes pressões para minimizar os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente. A principal preocupação, ultimamente, tem sido a eliminação do uso de cloro no branqueamento para eliminar a formação de compostos organoclorados nos efluentes. A evolução do branqueamento isento de compostos à base de cloro (TCF) que, teoricamente, permite a reciclagem dos filtrados do branqueamento ao ciclo de recuperação, tem despertado o interesse no conceito da fábrica isenta de efluentes (EFM, *Effluent Free Mill ou TEF, Totally Effluent Free*), que terá um impacto mínimo sobre o meio ambiente (figura 1, Korhonen et al, 1993).

Hoje, a maioria das fábricas de polpa *kraft* branqueada está numa situação muito mais favorável à prática do fechamento do circuito de branqueamento do que a primeira fábrica de polpa *kraft* "fechada", a da *Great Lakes Paper Co.*, que operou com circuito fechado por períodos intermitentes de 1976 a 1985 (Patrick et al., 1994). As modificações de processo adaptadas por muitas fábricas, nos últimos anos, que têm permitido o maior fechamento do circuito e a redução ou até eliminação do uso de Cl_2 , incluem a deslignificação intensiva no cozimento (exemplos: MCC, ITC, *Superbatch*), a deslignificação com oxigênio (O), a lavagem mais eficiente da polpa após o cozimento e o estágio O, o uso de dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio e ozônio no branqueamento e a implantação de melhores equipamentos e sistemas de controle (Noreus, 1990).

Mesmo com esses avanços, porém, de acordo com o estudo promovido pelos três institutos de pesquisa nórdicos, STFI (Suécia), KCL (Finlândia) e PFI (Noruega) (Gleadow et al., 1993), o fechamento do circuito na planta de branqueamento não acontecerá antes do ano 2000. Concluiu-se nesse estudo que o fechamento requer muitos processos novos que terão de ser comprovados em escala industrial antes de serem absorvidos pela indústria de celulose. Os principais impedimentos à aceitação de novas tecnologias pela indústria são a necessidade de garantir a qualidade (alvura) da polpa produzida, o investimento de capital e os custos operacionais adicionais que novos processos exigirão (Gleadow et al., 1993).

Um levantamento feito por Simonsen et al. (1993) indica que a indústria de polpa *kraft* branqueada está interessada no desenvolvimento de tecnologias que permitem o fechamento dos circuitos de água da fábrica. Dentre uma lista de dez tecnologias que poderiam afetar significativamente o consumo de energia na fábrica, as indústrias de polpa *kraft* escolheram o fechamento do circuito, o branqueamento com oxigênio e ozônio e o tratamento biológico dos efluentes como sendo as mais importantes para futuras pesquisas. Todas estas tecnologias aumentariam o consumo de energia na fábrica e foram escolhidas por serem

capazes de diminuir os impactos da indústria no meio ambiente (Simonsen et al., 1993).

A questão ambiental

Desde o início dos anos 70, o volume médio de efluente lançado por tonelada de polpa produzida pela indústria de polpa *kraft* branqueada decresceu de 25 a 30% (Chandra, 1993). Ao mesmo tempo, a qualidade dos efluentes tem melhorado devido ao esforço da indústria em minimizar os impactos ambientais de seus processos de produção. Desde a descoberta de dioxinas em efluentes de fábricas de polpa *kraft* branqueada em meados dos anos 80, este esforço tem sido concentrado na eliminação de compostos organoclorados (AOX) dos efluentes, em resposta às severas legislações ambientais criadas para regular a emissão de tais compostos (Korhonen, 1993). A tendência das novas legislações ambientais é de reduzir cada vez mais o limite máximo de AOX permitido nos efluentes (Evans, 1994). De fato, já está prevista a eliminação total de AOX pela legislação proposta pelos órgãos de controle ambiental das províncias canadenses de Ontário e Colúmbia Britânica até o ano 2002 (Evans, 1994).

O primeiro passo dado pela indústria de polpa *kraft* branqueada para reduzir a formação de AOX foi a eliminação do cloro elementar (Cl_2) do branqueamento. Atualmente, existem mais de 500 fábricas produzindo polpa *kraft* branqueada por seqüências sentas de cloro elementar (ECF, *Elemental Chlorine Free*) no mundo (Albert, 1992). A maioria destas fábricas usa dióxido de cloro (ClO_2) no lugar do Cl_2 . Embora a substituição

* Ann H. Mounteer, Celconsult CM/M, Viçosa, MG.

** Jorge L. Colodette, Universidade Federal de Viçosa, MG.

*** Ana S. Campos H. de Brito, White Martins Gases Industriais.

de Cl_2 por ClO_2 pareça ter solucionado o problema das dioxinas, ela diminui mas não elimina a formação de AOX nos efluentes. Portanto, num segundo passo, algumas fábricas eliminaram também o dióxido de cloro das seqüências de branqueamento, para produzir polpa *kraft* branqueada por seqüências totalmente isentas de compostos à base de cloro (TCF, *Total Chlorine Free*). Existem pelo menos dez fábricas já produzindo polpa *kraft* TCF com uma produção anual em torno de 2 milhões de toneladas (Albert, 1992). Estima-se que essa produção aumentará para 5 milhões de toneladas por ano até o ano 2000 (Leite, 1994).

Mesmo os efluentes de seqüências de branqueamento TCF, em que não há formação de AOX, apresentam efeitos tóxicos à vida aquática, conforme demonstrado num estudo recente (Gleadow et al., 1993). De fato, é possível que compostos naturais da madeira sejam responsáveis pela toxidez que persiste mesmo após o tratamento biológico dos efluentes de branqueamento. O governo canadense já exige o monitoramento da vida aquática rio abaixo de pontos de lançamento de efluentes de fábricas de celulose (EEM, *Environmental Effects Monitoring*) para avaliar essa toxidez (Evans et al. 1994). A grande dificuldade em eliminar totalmente os impactos ambientais dos efluentes de branqueamento tem levado a indústria de celulose a reconsiderar o conceito da fábrica isenta de efluentes (fábrica TEF) (Gleadow et al., 1993).

A eliminação dos compostos à base de cloro no branqueamento TCF e, portanto, dos íons cloreto (Cl^-) corrosivos dos filtrados da planta de branqueamento,

facilitará a reciclagem desses filtrados ao circuito de recuperação. No entanto, mesmo fábricas que praticam o branqueamento ECF estão estudando a possibilidade de fechar o circuito de filtrados do branqueamento. Nas fábricas ECF será necessário incluir tecnologias adicionais para remover o excesso de Cl proveniente do branqueamento com ClO_2 .

Numa planta de branqueamento aberta há uma purga de material em excesso junto ao efluente. Num sistema TEF, será necessário implementar novas metodologias para prevenir a acumulação de materiais inertes ou prejudiciais ao circuito de recuperação, para evitar distúrbios do processo. Portanto, o processo de produção de polpa *kraft* branqueada nunca poderá ser completamente fechado e um processo TEF não significa, necessariamente, um processo sem poluição, visto que resíduos sólidos e gasosos ainda são gerados (Chandra, 1993). É possível até que seja melhor dispor de rejeitos de uma forma diluída nos efluentes do que num estado sólido ou gasoso mais concentrado (Chandra, 1993).

Forças do mercado

O renovado interesse na criação de fábricas de mínimo impacto (*MIM^{MR}*, *Minimum Impact Mill*), em que o fechamento dos circuitos é peça fundamental (Nykanen et al., 1994), surgiu não somente em resposta às mais severas legislações ambientais, mas também em resposta às demandas do mercado. Nos últimos anos, uma nova força tem sido sentida no mercado, a dos chamados consumidores verdes, que estão exigindo produtos cuja fabricação não leve a riscos ao meio

ambiente ou à saúde pública (Albert, 1992). Esta força é mais forte na Europa e, em consequência, já está sendo desenvolvido pela União Européia um sistema de normatização ecológica (*Ecolabeling Scheme*) para produtos industrializados no qual selos verdes serão conferidos somente a produtos cuja fabricação siga normas consideradas ecologicamente compatíveis (Evans et al., 1994). Para os exportadores brasileiros de celulose, o esquema do selo verde está sendo visto como uma nova forma de protecionismo do mercado europeu contra importações de outros países (Scofield, 1994). De fato, o mercado verde tem se tornado tão importante que a *International Standards Organization* (ISO) está elaborando uma série de normas para a qualificação ecológica, a ISO 14000, e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a representante do Brasil junto à ISO, está desenvolvendo um sistema de certificação de produtos e gerenciamento ambiental (Scofield, 1994).

Portanto, a preocupação com o meio ambiente tem se tornado um fator importante para a competitividade de uma fábrica de polpa *kraft* no mercado internacional e a capacidade de produzir polpa *kraft* TEF poderá conferir uma vantagem comercial significativa. Uma ilustração dessa vantagem é dada na tabela 1, onde são comparadas as classificações de polpas *kraft* ECF, TCF e TEF de acordo com o esquema do selo verde europeu (Evans, 1994). Quando o rendimento da polpa e as emissões de CO_2 e O_2 forem iguais, a polpa *kraft* TEF ganhará uma classificação melhor (pontuação menor).

Tabela 1: Classificação de polpa *kraft* ECF, TCF e TEF pelo esquema do selo verde europeu

Categoria	Tipo de polpa <i>kraft</i>					
	ECF		TCF		TEF	
	Quantidade	Pontos	Quantidade	Pontos	Quantidade	Pontos
Recursos renováveis, t/t*	<2,5	1,2	<2,5	1,2	<2,5	1,2
Recursos não renováveis, t/t*	0	0	0	0	0	0
Emissão de CO_2 , t/t**	<1,8	2	<1,8	2	<1,8	2
Emissão de SO_2 , kg S/t	<2	1	<2	1	<2	1
DQO, kg/t	<40	2	<40	2	0	0
AOX, kg/t	<1,0	4	0	0	0	0
Lixo produzido, t/t*	<0,2	2	<0,2	2	<0,2	2
Pontuação total	-	12,2	-	8,2	-	6,2

* tonelada / tonelada de produção

** tonelada de CO_2 de combustível fóssil / tonelada de produção

Análise de custos

A análise dos custos de fábricas isentas de efluentes ainda é um exercício teórico visto que não existem fábricas TEF de polpa *kraft* branqueada operando comercialmente. Albert (1992) demonstrou que os custos operacionais de uma fábrica de polpa *kraft* TEF com branqueamento OZ(Eop)P seriam US\$ 14/tonelada menores do que aqueles de uma fábrica de polpa *kraft* existente com branqueamento D(Eop)D. As principais economias na fábrica TEF seriam com reagentes químicos e a eliminação do tratamento de efluentes.

Uma análise detalhada foi feita comparando os custos de capital e operacional para a conversão de uma fábrica básica ou para uma fábrica ECF com circuito fechado ou para uma fábrica TCF com circuito fechado (Patrick et al., 1994). A fábrica básica opera sob condições de uma fábrica típica norte-americana que produz 1.000 toneladas de polpa por dia, num digestor contínuo convencional, branqueada pela seqüência $(D_{50}C_{30})(Eo)DED$. A análise dos custos da conversão está apresentada no quadro 2. Os custos de capital para a conversão são pouco sensíveis às condições locais e dependem, principalmente, das tecnologias escolhidas, enquanto os custos operacionais (exemplo: custos de energia, de reagentes, de tratamento de efluentes etc.) dependem muito de condições locais e modificações destes custos poderiam afetar significativamente a análise (Patrick et al., 1994).

A fábrica ECF utilizará a seqüência OD(Eo)DD e a fábrica TCF a seqüência OQZ(Eop)P. Para produzir polpa de alta alvura na fábrica TCF, será necessário converter o digestor para fazer uma deslignificação intensiva e nos dois casos terá de ser implantada a deslignificação com oxigênio. Outros custos de capital significativos serão o sistema de tratamento do filtrado ácido por concentração/combustão na fábrica ECF e a reconfiguração da planta de branqueamento para a fábrica TCF. Pode-se verificar na tabela 2 que os custos operacionais da fábrica TCF serão menores do que os da fábrica ECF e até do que os da fábrica básica.

Experiências industriais

Enquanto não tem sido ainda possível fechar totalmente o circuito numa fábrica de polpa *kraft* branqueada, já existem fábricas de polpa *kraft* não branqueada, de polpa sulfito, de pasta mecânica, de fibras secundárias e de papel que operam

com circuitos parcial ou totalmente fechados (Chandra, 1993; Patrick et al., 1994). Existem pelo menos duas razões para explicar porque a indústria de polpa *kraft* branqueada tem enfrentado maiores dificuldades em fechar a fábrica (Johnson et al., 1994). Primeiro, o processo *kraft* é inerentemente mais complicado do que o processo mecânico de polpação e maior variedade e quantidade de elementos não processuais são introduzidos no processo *kraft* com a madeira e os reagentes. Adicionalmente, a grande variação de condições (pH, temperatura, concentração de reagentes), no processo *kraft*, aumenta as chances desses elementos se tornarem prejudiciais ao processo. Em segundo lugar, a polpa *kraft* é muito mais difícil de branquear

do que polpa sulfito e requer uma planta de branqueamento mais complexa (Albert, 1992).

O estudo pioneiro, no fechamento dos circuitos numa fábrica de polpa *kraft* branqueada, foi realizado na fábrica da *Great Lakes Paper Co.* em Thunder Bay, Canadá, a partir de 1976, utilizando os conceitos elaborados por Rapson e Reeve (Pryke et al., 1983). Um fluxograma da fábrica da *Great Lakes Paper Co.* é apresentado na figura 2. A fábrica operava com branqueamento $D_{70}C_{30}EDED$, o que, na época de sua implantação, foi considerado um projeto ambicioso devido ao alto grau de substituição de cloro por dióxido de cloro no primeiro estágio (Mapies et al., 1994). Os principais elementos do sistema Rapson-Reeve foram

Tabela 2: Estimativas de ordem de magnitude dos custos de capital e operacional para a conversão de uma fábrica básica com branqueamento $D_{50}C_{50}EoDED$ para fábricas isentas de efluentes com branqueamento ECF ou TCF

Fábrica ECF (ODEoDD)		Fábrica TCF (OQZEopP)	
Custos de capital	Milhões de US\$	Custos de capital	Milhões de US\$
Área do processo		Área do processo	
		Conversão do digestor para deslignificação intensiva	15
Deslignificação com O ₂	28	Deslignificação com O ₂	28
Reconfiguração da planta de branqueamento	4	Reconfiguração da planta de branqueamento	25
Capacidade adicional dos evaporadores	2	Capacidade adicional dos evaporadores	4
Concentração/combustão do filtrado ácido	50	Evaporação do filtrado ácido	9
Tratamento dos condensados	5	Tratamento dos condensados	5
Capacidade adicional das torres de resfriamento	2	Capacidade adicional das torres de resfriamento	3
Sistema de lixiviação de sais	5	Sistema de lixiviação de sais	5
Sistema de controle de vazamentos	2	Sistema de controle de vazamentos	2
Total	98	Total	96

Custos operacionais incrementais	US\$/ton s.a	Custos operacionais incrementais	US\$/ton s.a
Item		Item	
Reagentes de branqueamento	(8)	Reagentes de branqueamento	(11)
Reagentes de reposição	(3)	Reagentes de reposição	(4)
Reagentes para tratamento dos efluentes	(3)	Reagentes para tratamento dos efluentes	(3)
Manutenção	8	Manutenção	8
Utilidades	9	Utilidades	8
Custo líquido	3	Custo líquido	(2)

* Valores em () representam ganhos comparado à fábrica básica

a lavagem contracorrente da polpa no branqueamento e um sistema de recuperação de sais (SRP, *Salt Recovery Process*) patenteado, no qual recuperava-se cloreto de sódio (NaCl) do licor branco para gerar reagentes de branqueamento. O processo SRP falhou devido ao entupimento das linhas de filtrados e encrustação e precipitação nos evaporadores, principalmente durante campanhas de produção de polpa de fibra curta (Pryke et al., 1983). A fábrica enfrentou sérios problemas com corrosão, principalmente nos evaporadores do licor branco, nos tubos de superaquecedor da caldeira de recuperação e nos tubos dos evaporadores do licor negro. Também houve problemas com a deposição de *pitch*. Durante a produção de polpa de *aspen* (madeira de fibra curta) a acumulação de *pitch* foi tão severa que não foi possível produzir polpa de qualidade aceitável durante os períodos de operação com circuito fechado (Patrick et al., 1994). A operação da caldeira de recuperação se tornou ineficiente devido, em parte, à alta concentração de cloreto no circuito de licor negro, que reduziu o ponto de fusão do fundido (Pryke et al., 1983). A fábrica provou não ser economicamente competitiva e o sistema fechado foi abandonado em 1985 (Maples et al., 1994).

As fábricas de polpa *kraft*, que atualmente estão trabalhando na área de fe-

chamento dos circuitos em escala industrial, podem ser divididas em dois grupos: as que operam com branqueamento ECF e as que operam com branqueamento TCF.

As duas empresas com programas mais avançados de fechamento de circuito em fábricas de polpa *kraft* ECF são *MoDo*, em Husum, Suécia, e *Champion*, em Canton, Carolina do Norte (Johnson et al., 1994). A fábrica de *MoDo* produz polpa ECF pela seqüência OQPDD. A fábrica da *Champion* produz polpa ECF pela seqüência ODEopD. As duas fábricas pretendem implantar processos de remoção de cloretos e de remoção de metais. A figura 3 apresenta um fluxograma do processo da *Champion*, incluindo a recuperação dos filtrados de branqueamento (BFR, *Bleach Filtrate Recovery*) que permitirá o fechamento do circuito (Maples et al., 1994). Ambas pretendem operar inicialmente com fechamento parcial, isto é, os efluentes dos últimos estágios D não serão reciclados (Chandra, 1993; Maples et al., 1994). Eventualmente, as duas fábricas pretendem fechar completamente os circuitos (Patrick et al., 1994).

Os maiores avanços na área de fechamento de circuitos em fábricas *kraft* TCF têm sido obtidos pela *Sappi* na sua fábrica de Ngodwana e pela Louisiana-Pacific, em Samoa, Califórnia (Chandra, 1993). A *Sodra Cell*, da Suécia, também tem

anunciado que pretende operar suas fábricas TCF em Monstera, Varö e Mörrum com circuito fechado a partir de 1996 (Johnson et al., 1994).

A fábrica da *Sappi* em Ngodwana, África do Sul, produz polpa *kraft* branqueada além de polpa mecânica e papel reciclado. A fábrica se situa a bordo de um córrego com fluxo de apenas 4,6 m³/s e, portanto, é proibido despejar efluentes no corpo receptor (Chandra, 1993). A fábrica opera, atualmente, com um consumo de 19m³ de água por tonelada de polpa e uma descarga de 11 m³/tonelada (Patrick et al., 1994). A *Sappi* vem trabalhando na área de fechamento desde os anos 70 e já implementou na fábrica sistemas de coleta de vazamentos, lavagem dos condensados, torres de resfriamento da água de processo reciclada e o fechamento do sistema de água de vedação (Chandra, 1993). Os processos estudados para o tratamento dos efluentes de branqueamento incluem ultrafiltração, eletrodialise, osmose reversa e evaporação dos efluentes, além da troca iônica para remoção de compostos orgânicos e recuperação de reagentes (Gleadow et al., 1993). A *Sappi* desenvolveu um processo de recuperação de cloreto dos efluentes do branqueamento pela seqüência OD/CED. O processo não foi ainda implementado porque a *Sappi* está avaliando a modificação da seqüência de branqueamento utilizada para

Figura 1: O conceito de uma fábrica de polpa *kraft* branqueada de mínimo impacto

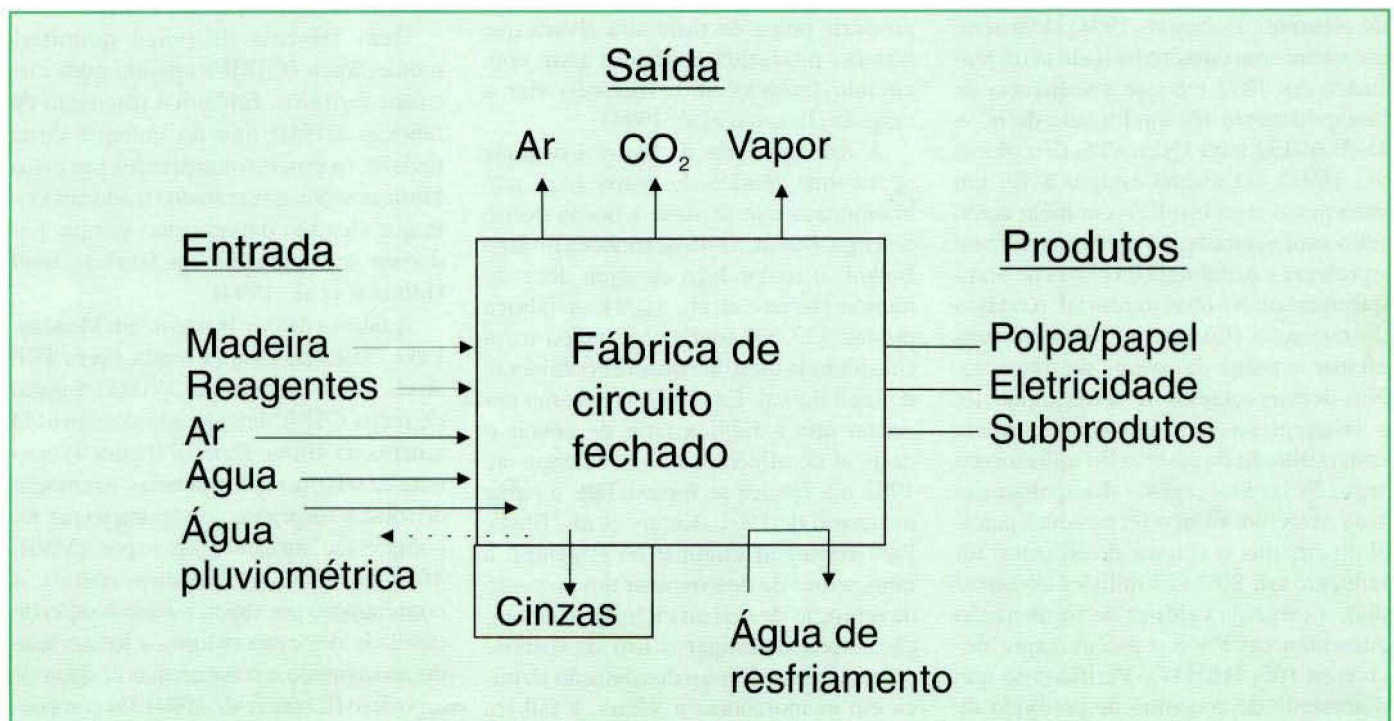
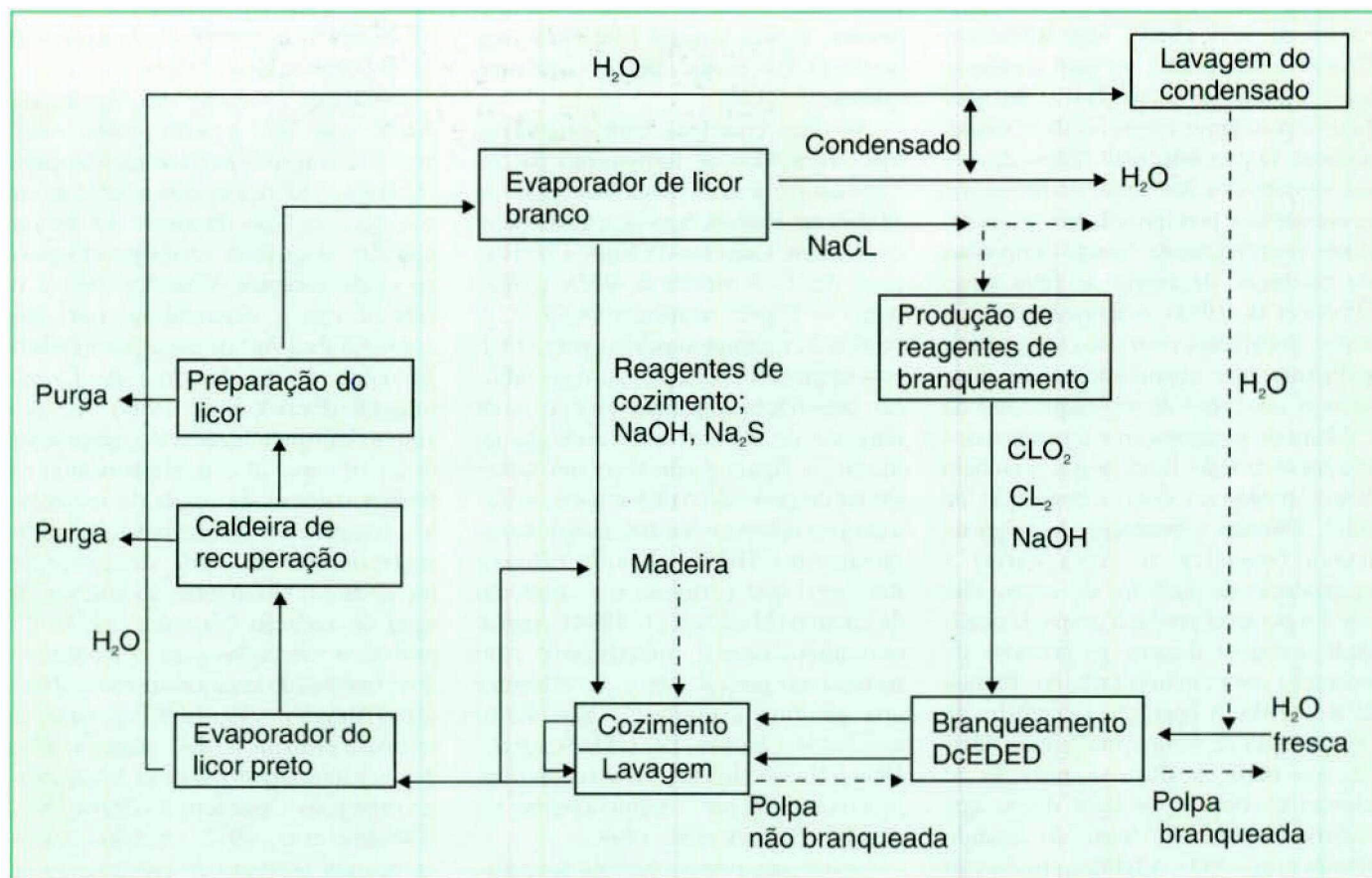


Figura 2: Um fluxograma da fábrica de circuito fechado da *Great Lakes Paper Co.*



uma seqüência TCF (Patrick et al., 1994).

A *Louisiana-Pacific Corp.* pretende converter sua fábrica de polpa kraft em Samca, Califórnia, para branqueamento TCF e aumentar o fechamento do circuito do branqueamento como alternativa à instalação de um sistema de tratamento de efluentes (Johnson, 1994). Um teste industrial com circuito fechado já foi realizado em 1993 em que a seqüência de branqueamento foi modificada de (C + D)(Eo)DED para Q(Eo)PPS (Brooks et al., 1993). (O último estágio S foi um tratamento com bisulfito em meio ácido feito para neutralizar o peróxido residual e proteger a metalurgia da planta de branqueamento). No teste industrial, o estágio de quelação (Q) operou "aberto" para efetuar a purga de metais de transição. Nos demais estágios de branqueamento, a lavagem foi feita em contracorrente com o filtrado do estágio Eo utilizado no segundo lavador, após a deslignificação com oxigênio. Com o fechamento parcial do circuito, o volume de efluentes foi reduzido em 80% (17 milhões de litros/dia), a carga da caldeira de recuperação aumentou em 8% e o uso de vapor decresceu 10% (16MW). Verificou-se que o aumento de consumo de peróxido de

hidrogênio durante a operação com circuito fechado, necessário para alcançar a alvura almejada, é recompensado pela economia de vapor que a reciclagem dos filtrados possibilita (Brroks et al., 1993). No futuro, a fábrica cogita a implantação do branqueamento com ozônio para produzir polpa de mais alta alvura que aquela produzida durante o teste com circuito fechado, se o mercado vier a exigí-la (Johnson et al., 1994).

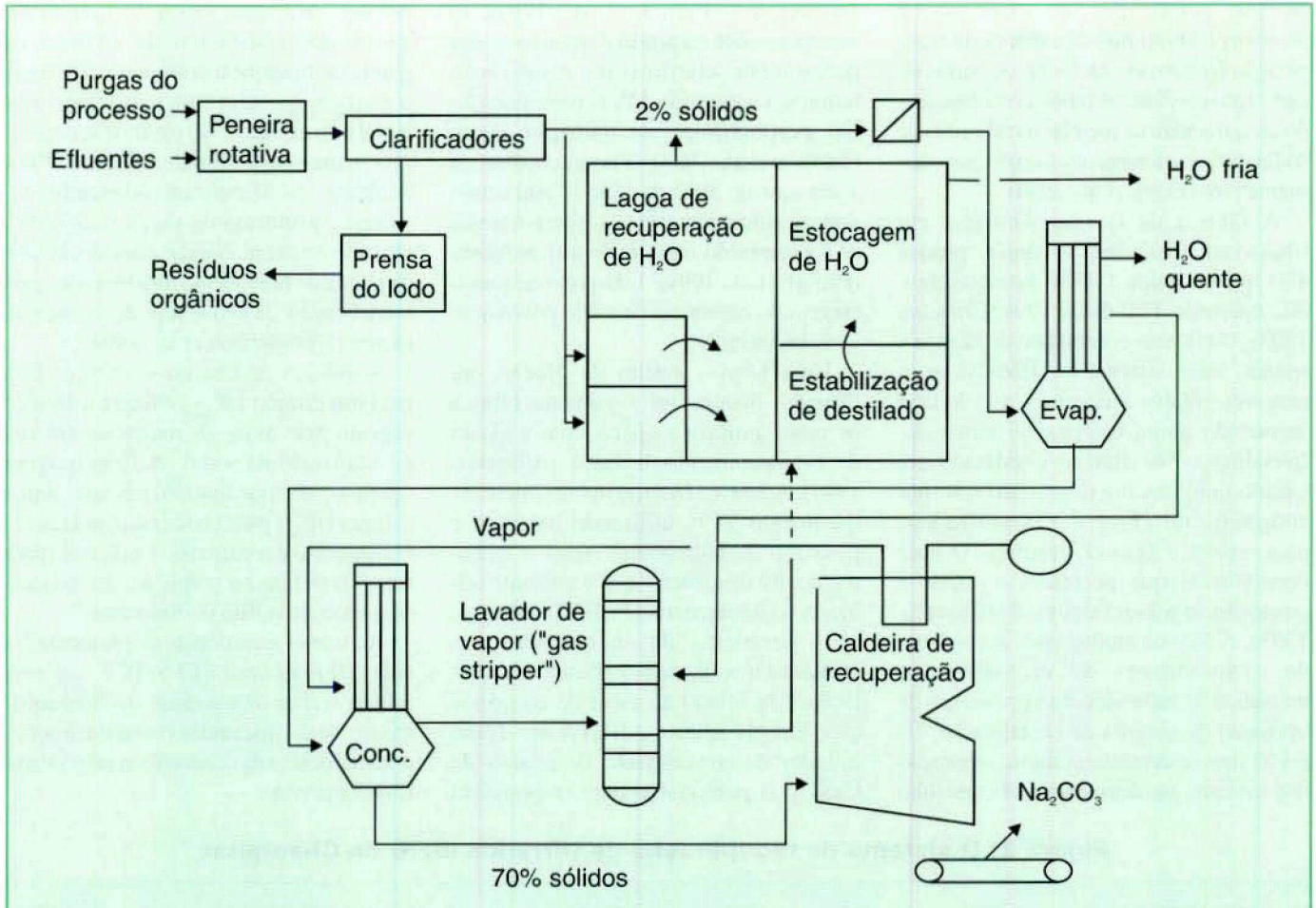
A *Selenga Pulp & Paper Company* opera uma fábrica de polpa kraft não branqueada que se situa a bordo do rio Selenga, Rússia. O rio desemboca no lago Baikal, o maior lago de água doce do mundo (Kenny et al., 1994). A fábrica produz 173.000 ton/ano de polpa e foi considerada uma das maiores poluidoras do lago Baikal. Em 1987, o governo decretou que a fábrica teria de cessar o despejo de efluentes no rio Selenga até 1992 e a fábrica se tornou TEF a partir de agosto de 1991 (Kenny et al., 1994). Para conseguir eliminar os efluentes, a fábrica teve de desenvolver um processo de remoção de sais do ciclo de recuperação. Após investigar o uso de osmose reversa, troca iônica e desalinação térmica em evaporadores a vácuo, a fábrica

optou pelo processo de desmineralização do efluente (Chandra, 1993). Os sais são removidos após evaporação em estado sólido, principalmente como sulfato de sódio. O efluente tratado é utilizado para a lavagem dos cavacos, da polpa e da lama de cal (Kenny et al., 1994).

Dois fábricas de polpa químiter-momecânica (CTMP) operam com circuitos fechados. Embora a discussão de fábricas CTMP fuja do enfoque desta revisão, os processos utilizados por essas fábricas serão apresentados tendo em vista que eles são interessantes porque poderiam ser aplicados em fábricas kraft (Johnson et al., 1994).

A fábrica *Millar Western*, em Meadow Lake, Saskatchewan, Canadá, opera TEF desde 1992, produzindo 240.000 ton/ano de polpa CTMP branqueada de *aspen*. O sistema da *Millar Western* (figura 4) consiste de seis operações unitárias: a remoção de sólidos suspensos, a evaporação por recompressão mecânica de vapor (MVR, *Mechanical Vapor Recompression*), a concentração por vapor, a estabilização do destilado dos evaporadores, a incineração do concentrado e o tratamento de água de reposição (Evans et al., 1994). Os compos-

Figura 4: Um fluxograma do sistema de tratamento de efluentes da fábrica de Millar Western



Referências bibliográficas

ALBERT, R.J. *The Effluent-free Bleached Kraft Pulp Mill - Technical and Economic Considerations*. In: 1992 Tappi Pulp Conf., Nov. 1992, Proc., p. 347-369.

BROOKS, T.R., EDWARDS, L.L., NEPOTE, J.C., CALDWELL, M.R. *Bleach Plant Close-up and Conversion to TCF: a case study using mill data and computer simulation*. 1994 Inti. Pulp Bleaching Conf., Vancouver, June 1994, Proc., p. 13-20.

CHANDRA, R. *The Effluent Free Kraft Pulp Mill-Myth or Reality?* Papermaker 11: 40-42. 1993.

EVANS, T., SWEET, B., MANOLESCU, D. *Applying Proven Technology to Eliminate Kraft Bleach Plant Effluents*: In: 80th Annual Mtg. Tech. Sect., CPPA, Jan. 1994, Proc., B237-B242.

GLEADOW, P., HASTINGS, C., JOHNSON, T., WARNQVIST, B. *A Survey of Research and Development Activity in Bleached Kraft Mill Closed Cycle*. In: 1993 Non-Chlorine Bleach. Conf., Hilton Head, March 1993. Proc., 9p.

JOHNSON, T., TREPTE, R., GLEADOW, P., HERSCHMILLER, d. *Future*

Directions in the Fiberline. In: *Pulping Horizons Seminar*, Washington, d.C., spt. 1994, Proc., 32p.

KENNY, R., YAMPOLSKY, M., GONCHAROV, A. *An Overview of a Russian Zero Discharge Unbleached Kraft Pulp and Paper Mill - Selenga Pulp & Paper Company*. In: 80th Annual Mtg. Tech. Sect., CPPA, Jan. 1994, Proc., B259-B262.

KORHONEN, R. *TCF and the Totally Closed Mill*. Pulp Paper Intl. (6): 80-82, 1993.

LEITE, M.M. *Fechamento do Circuito de Efluentes do Branqueamento - Um Passo para a Fábrica "Fechada" ou Fábrica com Impacto "Zero"*. Kvaerner Pulping Ltda., 1994, 12 p.

MAPLES, G., AMBADY, R., CARON, J.R., STRATTON, S. *Vega Canovas R. BFR: a new process toward bleach plant closure*. 1994 Intl. Pulp Bleaching Conf., Vancouver, June 1994, Proc., p. 263-272.

NIMMERFROH, N., SUSS, H.U., BOTTCHE, H.-P., LUTTGEN, W., GEISENHEINER, A. *The German Approach to the Closed-cycle Sulphite Mill - Development and Implementation*. In: 1994 Intl. Pulp Bleaching Conf., Vancouver,

June 1994, Proc., p. 247-252.

NOREUS, s. *The Closed Cycle Mill Concept: Reality by Turn of Century?* Paper J. p. 27, 29, 1990.

NYKANEN, T., RYHAM R. *Comparison of ECF - and TCF - Based Solutions for a Minium Impact Mill (MIM™)*. In: 1994 Non-Chlorine Bleach. Conf., Amelia Island, March 1994, Proc. Artigo nº 12.3.

PATRICK, K.L., YOUNG, FERGUSON, K.H., HARRISON, A. *Closing the Loop - The Effluent-free Pulp and Paper Mill*. Pulp Paper Intl. (4, Special Supplement): S1-S27, 1994.

PRYKE, D.c., REEVE, D.W., LUKES, J.A., DONOVAN, D.A., VALIQUETTE, G., YEMCHUK, E.M. *Chemical Recovery in the Closed Cycle Mill. Part II: The Salt Recovery Process*. Pulp Paper Can. 84(2): T46-T49, 1983.

SCOFIELD Jr., G. 1994. *O Protecionismo Verde em Ação*. Jornal do Brasil, 16/10/94, p.24.

SIMONSEN, H.F., MCBRIDE, G.E., *R&D Opportunities for Improvements in Energy Efficiency to the Year 2010 - An Overview*. In: 80th Annual Mtg. Tech. Sect., CPPA, Jan. 1994, B91-B98 ▲