



Eucalyptus Online Book & Newsletter



Utilização dos Conceitos da Ecoeficiência na Gestão do Consumo de Água e da Geração de Efluentes Hídricos no Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto

Celso Foelkel

www.celso-foelkel.com.br

www.eucalyptus.com.br

www.abtcp.org.br

Maio 2011

Agradecimentos



Quando decidi escrever um capítulo sobre águas e efluentes, pareceu-me muito mais proveitoso aos leitores que eu fugisse dos tradicionais textos que falam sobre como tratar efluentes para minimizar a poluição e procurasse focar em conceitos de gestão técnica e estratégias para minimizar de forma segura o consumo desse bem e recurso natural e vital. Por outro lado, não quis deixar nossos leitores que possuem interesse em métodos para tratamento de efluentes sem uma bibliografia adequada. Por toda a imensidão de abordagens que pode ser dada a um tema como esse, procurei me dedicar mais sobre conceitos que considero relevantes e ao mesmo tempo, disponibilizar uma ampla literatura para que os interessados possam ler e aprender muito sobre esse assunto.

Minha intenção com esse capítulo foi focar o assunto com uma visão de viabilidade técnica-econômica e de ecoeficiência, tentando entender as limitações, as restrições, as dificuldades, os desafios, as acomodações e até

mesmo as procrastinações para que um tema tão importante como esse possa se desenvolver em velocidades mais rápidas.

A busca contínua de melhores práticas e tecnologias em nossas fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto em relação ao consumo de água e geração de mínimos fluxos de efluentes com qualidades adequadas e compatíveis às capacidades de absorção pelos ecossistemas é o que esperamos dos técnicos e gestores em nosso setor. Para que isso aconteça, há que se criarem compromissos fortes e exemplos vivos, principalmente por parte dos gestores principais de nossas fábricas.

Para aqueles que ainda não acreditam que seja possível construir um mundo melhor através da ecoeficiência, agradeço pela leitura desses nossos capítulos sobre esse tema. Espero que eles possam ajudar a enxergar um pouco melhor aquilo que procuramos transmitir. Conto com eventuais mudanças de postura e atitude em relação a esse assunto, caso meu propósito de lhes ensinar sobre isso tenha sido bem sucedido.

Quero ainda agradecer alguns autores que aprendi a admirar ao ler seus artigos para aperfeiçoar meu aprendizado antes de lhes escrever esse texto. Minha admiração pelo que publicaram os amigos Nei Rubens Lima, Alberto Carvalho de Oliveira Filho, Zeila Piotto, Jorge Herrera, Ewellin Canizares, Cláudia Zini, Wagner Gerber, David Meissner, Tatiana Furley, Peter Axegard, Doug Pryke, Cláudio Mudado Silva, Ann Munteer, Allan Springer, Alexandre Landim, Luciana Nalim, Sonia Maria Bittencourt Frizzo, Vera Regina Bottini Gallardo, Marino Tedesco, Jean Rosa, Vito Grieco, Edvins Ratnieks, Clóvis Zimmer, Maria Cristina Area, Antonio Lanna e tantos outros mais.

Agradeço também às empresas e entidades onde pude trabalhar com tantos técnicos competentes na busca da minimização do consumo de água e pela melhoria da qualidade e quantidade dos efluentes gerados em suas operações industriais de produção de celulose e papel.

A todos vocês leitores, agradeço mais uma vez a atenção e apoio. Todos vocês nos têm ajudado - e muito - a fazer do **Eucalyptus Online Book** algo muito útil para os técnicos e interessados por esse nosso setor de celulose e papel.

A todos, um abraço fraterno e um enorme muito obrigado.

Celso Foelkel





Os efluentes hídricos são parte da vida de nossas empresas...

Eles existem e continuarão a existir por algum tempo mais, uma vez que a fábrica de celulose kraft branqueada isenta de efluentes ainda está em fase de muitas pesquisas para se tornar uma realidade industrial comprovada...

Entretanto, cabe a nós promover a transformação de nossas fábricas para que tenham mínimo impacto ambiental e que usem o mínimo de água possível com base nas tecnologias atualmente disponíveis...



Utilização dos Conceitos da Ecoeficiência na Gestão do Consumo de Água e da Geração de Efluentes Hídricos no Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto

CONTEÚDO DO CAPÍTULO



- A FABRICAÇÃO DE CELULOSE KRAFT, O CONSUMO DE ÁGUA E A GERAÇÃO DE EFLUENTES HÍDRICOS
- CONSUMINDO ÁGUA EM NOSSAS FÁBRICAS DE CELULOSE KRAFT BRANQUEADA
- “BENCHMARKING” ÁGUAS E EFLUENTES
- FÁBRICAS “BEST-IN-CLASS” E TECNOLOGIAS BAT’S
- TRATANDO OS EFLUENTES OU ÁGUAS RESIDUÁRIAS
- FECHANDO OS CIRCUITOS E AS TORNEIRAS DE NOSSAS FÁBRICAS
- ESTRATEGIANDO AÇÕES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE
- ROTAS TECNOLÓGICAS INOVADORAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES SETORIAIS
- CONSIDERAÇÕES FINAIS
- REFERÊNCIAS DA LITERATURA E SUGESTÕES PARA LEITURA



A água na Natureza e em nossas fábricas...

Nossa obrigação, e também compromisso, frente à Gestão para a Sustentabilidade é minimizar o consumo de água e entregar aos rios, mares e lagos, uma água na forma de efluentes com impacto mínimo sobre a fauna, flora e seres humanos que consumirão da água desse mesmo curso d'água após nossa utilização industrial.



Utilização dos Conceitos da Ecoeficiência na Gestão do Consumo de Água e da Geração de Efluentes Hídricos no Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalipto

Celso Foelkel

www.celso-foelkel.com.br

www.eucalyptus.com.br

www.abtcp.org.br

A FABRICAÇÃO DE CELULOSE KRAFT, O CONSUMO DE ÁGUA E A GERAÇÃO DE EFLUENTES HÍDRICOS



Consumo de água pode ser minimizado e a poluição hídrica também...
Muito melhor para a Natureza e para nossas fábricas e florestas...

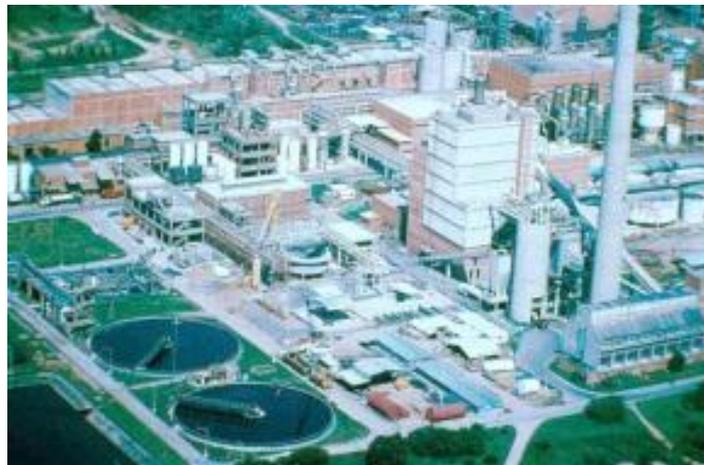
Quando comecei a ler sobre esse tema que vivencio em minha carreira profissional desde seu princípio, lá pelos idos anos dos 70's, deparei-me com um artigo de nosso competente amigo Dr. Allan M. Springer, uma das maiores autoridades mundiais sobre combate e minimização da poluição hídrica em fábricas de celulose e papel. Essa personalidade do setor é

inclusive muito conhecida no Brasil e tem diversos de seus trabalhos citados em nossa seção de referências bibliográficas. Em seu artigo publicado em 1978 na revista finlandesa Paperi ja Puu, ele comentava a evolução na redução do consumo de água por tonelada de celulose produzida em fábricas nos Estados Unidos da América. O que me surpreendeu foram os números. Em 1946, esse consumo foi reportado como sendo de 417,3 m³/odt (tonelada absolutamente seca); em 1956 de 177 e em 1972 de 112 m³/odt. Fantásticos e inimagináveis volumes de água sendo consumida para se produzir apenas uma tonelada absolutamente seca de celulose, vocês concordam? Por outro lado, a OECD – Organization for Economic Cooperation and Development, em um relatório realizado por especialistas do setor e publicado em 1973 relatava consumos específicos de água de 240 m³/adt (tonelada seca ao ar) de celulose. Além desse enorme consumo de água, ainda se referiram no relatório a valores que foram considerados normais para a época, para algumas cargas poluentes nos efluentes hídricos: SST (Sólidos Suspensos Totais) = 33,3 kg/adt e BOD₅ (“Biochemical Oxygen Demand”) = 45 kg/adt.

Quando vejo esses números de cerca de 4 a 6 décadas atrás, posso comprovar como evoluímos muito nesses aspectos de consumo de água e qualidade de nossos efluentes, mas não me acomodo e nem me sinto ainda confortável com os valores atuais sendo praticados em muitas operações industriais. Hoje as melhores fábricas de celulose kraft branqueada de mercado com tecnologias estado-da-arte consomem entre 20 a 30 m³ de água/adt e possuem valores de SST de cerca de 1,0 a 1,5 kg/adt e de BOD₅ de 0,5 a 1,5 kg/adt. Uma grande melhoria, não tenho dúvida alguma, mas com enormes oportunidades para se melhorar ainda mais. Há um grande esforço sendo colocado nesse tema, e isso se tornou mais evidente a partir de segunda década dos anos 90’s, quando se incrementou o conceito de fechamento de circuitos e de fábricas de mínimo impacto ambiental, tudo resultante da nova consciência ambiental que prosperou a partir do grande evento “Earth Summit” de 1992, realizado no Rio de Janeiro/Brasil e por aqui conhecido como Eco 92. A década dos 90’s foi também bastante conturbada para o setor de produção de celulose e papel devido à famosa crise das dioxinas, compostos tóxicos altamente perigosos encontrados em efluentes de fábricas que usavam o cloro elementar em sua etapa de branqueamento da celulose. Isso obrigou o setor a programar esforços e muita pesquisa para minimizar o efeito tóxico de seus efluentes hídricos, bem como de reduzir as quantidades na geração dos mesmos. Diversos eventos internacionais foram realizados para debater o tema consumo de água, fechamento de circuitos e geração de efluentes, entre os quais os mundialmente conhecidos eventos

sobre “Minimum Effluent Mills Symposiums” e “Closed Cycle Mills Sessions” promovidos pela nossa entidade parceira TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry, nos Estados Unidos da América. Essa busca se propagou rapidamente para todos os países líderes em produção e geração de tecnologias em celulose e papel, tais como Finlândia, Canadá, Suécia, Japão e inclusive para o Brasil.

Hoje, o Brasil desponta no cenário mundial como um dos países com algumas das fábricas mais modernas para produção de celulose kraft branqueada, similarmente com o que acontece com Chile, Uruguai, Indonésia e China. Apesar de essas fábricas terem tido uma significativa evolução em relação às fábricas da década dos 90’s, ainda podemos trabalhar com muita certeza para melhorar ainda mais esses indicadores ambientais, tanto para fábricas existentes como para novos projetos industriais do tipo “greenfield”.



A indústria de fabricação de celulose e de papel é grande consumidora de água. Isso ocorre desde a invenção do papel, que foi idealizado ser formado usando uma diluída suspensão de fibras vegetais.

Ao mesmo tempo em que as fábricas captam grandes volumes de água, como uma parte importante dessa água se contamina nos processos industriais, ela deve ser tratada e lançada aos corpos de água como efluentes. Outra parte importante da água captada se perde por evaporação, para os pisos, acompanhando resíduos e produtos, etc. Essa perda pode variar entre 10 a 20%, dependendo da maneira adotada para gestão dessa água e dos desenhos das instalações, especialmente do projeto conceitual dos sistemas de recuperação de perdas.

Mas afinal, porque o consumo de água é ainda tão elevado para se produzir celulose e papel? Sem dúvidas, só para se produzir uma tonelada de celulose se consomem hoje, em geral, entre 20 a 50 m³ de água captada de nossos rios; enquanto para o papel se consomem entre 5 a 10 m³/tonelada. Imaginem que um metro cúbico de água corresponde a uma tonelada em

peso. Logo, para se produzir uma tonelada seca ao ar de celulose se consome entre 20 a 50 vezes mais de um insumo vital e cada vez mais escasso que é a água. Para o papel, outras 5 a 10 toneladas de água em fábricas não integradas. Tudo, uma enormidade – e só nas fábricas de papel e celulose; sem considerar as quantidades de água na rede de valor total, que começa nas florestas, passa pelos inúmeros fabricantes de insumos e termina na reciclagem ou disposição final do papel. Além, disso, existem fábricas que ainda possuem consumos bem maiores do que os apresentados, em função de idades tecnológicas mais obsoletas ou até mesmo pela gestão eco-ineficiente da água.



Fabricar papel exige ainda muita água nas fábricas

As razões para esses altos consumos de água são simples de entender. A principal delas é a própria tecnologia conceitual para se fabricar celulose e papel, que se baseia em separar as fibras da madeira e se trabalhar com elas em meio ricamente aquoso para se formar as folhas de papel ou de celulose de mercado. Observem que para um bombeamento de uma massa de celulose a uma consistência de 3%, estamos falando em bombear três toneladas absolutamente secas de fibras misturadas em 97 toneladas de água. Uma operação de branqueamento da celulose a 10% de consistência corresponde a um tratamento de 10 toneladas de celulose seca para 90 toneladas de água. Tudo significa muita, mas muita água mesmo em termos de tecnologias aplicadas.

Além disso, altos consumos de água fresca são necessários para purificar a polpa ou o papel de seus contaminantes, em operações de depuração e lavagem. Os principais contaminantes são os residuais de químicos aplicados, os arrastes de licores e filtrados, os extrativos da madeira e os íons metálicos não processuais (NPE's = "Non Process Elements"). Todos esses contaminantes, em fábricas de ciclos de água mais fechados (com menores consumos de água), acabam se concentrando no processo e causam corrosões, entupimentos, incrustações, sujeiras nas

polpas e papéis, etc., etc. Como consequência, aumentam os custos de fabricação, aumentam as paradas para limpeza de processo, diminuem a produção e a produtividade, aumenta a poluição, etc., etc.



Efluente e água não são a mesma coisa

Qualquer técnico de uma fábrica de celulose e/ou papel terá a máxima disposição e boa vontade para reduzir o consumo de água em sua fábrica desde que isso não interfira na boa performance das máquinas e nas qualidades desejadas em termos de especificações de seus produtos. Se o fechamento dos circuitos de água começar a afetar negativamente esses fatores operacionais, ele tenderá a "abrir o sistema", o que significa usar mais água e gerar mais efluentes.

Há uma velha e conhecida regra, muito fácil de entender: quanto mais água uma fábrica utilizar, maior será a sua geração de efluentes. Nada mais natural - trata-se da famosa Lei de Conservação das Massas de Lavoisier, que diz que tudo que entra deve sair de um sistema, o que pode ser identificado por balanços de materiais. Óbvio que os custos tendem a aumentar quando utilizamos muita água, pois teremos muito mais energia a gastar, a perder e também mais efluentes a tratar. Lembrem-se, o termo efluente é apenas o apelido que se dá a uma água industrial que era de boa qualidade e se contaminou, precisando de tratamento adequado para ser devolvida aos cursos d'água.

Outra razão a motivar algumas empresas a usar mais água em seus processos consiste na maior facilidade que terão para atingir as restrições legais colocadas para seu funcionamento, quando essas restrições são legisladas em concentrações de poluentes, tais como: SST - Sólidos Suspensos Totais; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO - Demanda Química de Oxigênio; AOX - Halogenados Totais Adsorvidos; Dioxinas e Furanos, etc., etc. Com a maior entrada de água nos seus processos, estarão de certa maneira diluindo as concentrações dos poluentes legislados e assim terão maior facilidade para atingir os níveis impostos pela entidade controladora ambiental. Entretanto amigos, todos sabemos que diluição não é solução para os problemas de poluição. Por essa razão, muitas entidades

licenciadoras não apenas limitam as concentrações dos poluentes, como também suas cargas máximas para lançamento aos corpos receptores (seja em quilogramas de poluente por dia ou em kg de poluente por tonelada de celulose ou de papel produzido). Para otimizar ambientalmente e também para não limitar em demasia as operações industriais, as legislações estabelecem valores em concentrações de poluentes, mas também em valores de cargas máximas e médias, tanto para dia, mês ou ano. Um grande avanço nas legislações e no licenciamento de empreendimentos industriais de nosso setor. Mas infelizmente, nem sempre é esse o caso. Há ainda muitos ajustes e muito diálogo a acontecer entre as partes interessadas.



Rios são patrimônios nacionais e como tais devem ser respeitados

Quando estamos liberando efluentes para os nossos rios, estamos não apenas descartando a água utilizada nas fábricas, mas também perdamos importantes insumos industriais de processo, tais como: fibras, calor, cargas minerais, matéria orgânica dissolvida, resíduos de químicos, etc. Tudo isso representa dupla perda de dinheiro e de recursos naturais: primeiro, como perda de insumos e de matérias-primas; segundo, pelo custo de tratamento dessas perdas para adequar os efluentes e os resíduos sólidos (lodos, por exemplo) do tratamento desses poluentes. São valores altíssimos que o mercado acaba pagando, embutidos nos preços e custos dos produtos celulósico-papeleiros. Apesar dos preços dos produtos não estarem relacionados aos custos de produção, se os custos ambientais são comuns a todos os fabricantes, isso acaba de certa forma afetando os preços também. Esse fato acontece, acredito em praticamente todos os setores industriais e não apenas no setor de base florestal. Não que isso seja um consolo para nós papeleiros, mas sim, um desafio para toda a indústria.

As empresas vitoriosas são aquelas que conseguem adequadas eficiência e ecoeficiência nas operações e baixos custos unitários de produção. Se estivermos jogando insumos importantes nos efluentes e gastando muito para tratar as poluições, estaremos de certa forma diminuindo nossa competitividade. Por isso mesmo, a ecoeficiência prega com sabedoria que devemos minimizar nossas perdas e resíduos. Com isso, as fábricas terão operações mais limpas e resultarão mais em produção, produtividade e em lucratividade, também.

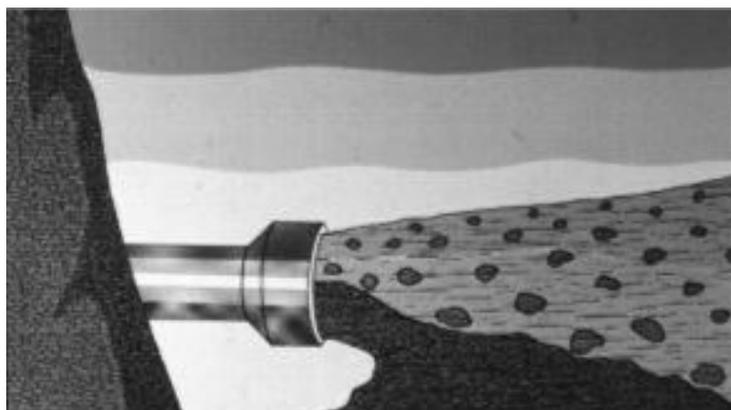


A água em si não é um insumo caro para nossas fábricas, até agora, assim podemos dizer. Ela é um insumo natural que é captado nos rios, lagos ou poços e é tratada em ETA's – Estações de Tratamento de Água da própria fábrica que vai usá-la. Se não há um sistema implementado na bacia hidrográfica em questão para gestão e taxaço das águas, a quantidade de dinheiro que se gasta para produzir a água tratada não é alta (cerca de 0,05 a 0,12 US\$/m³ de água – o que representa entre 2 a 5 US\$/adt polpa). Por outro lado, o custo de se tratar os efluentes para atingimento das restrições legais é bem mais alto, pois ainda incluem manuseio e gestão de lodos e outros resíduos gerados (entre 7 a 15 US\$/adt, dependendo da intensidade de poluentes e do tipo de tratamento). Somados os custos de águas e efluentes, teremos algo entre 9 a 18 US\$/adt polpa, cerca de 4 a 7% do custo variável de fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto. Não estão aí computados os custos de investimentos nas ETE's (Estações de Tratamento de Efluentes), os custos de energia para bombeamentos, as perdas de calor, os gastos com aterros industriais para lodos e outros resíduos gerados, etc., etc. Vejam então amigos, que essa conta é bem mais alta do que parece ser nas planilhas dos custos de águas e efluentes das fábricas. Como a controladoria não tem proficiência técnica para avaliar custos pelos critérios da ecoeficiência, as coisas são vistas parcialmente – e assim vão sendo passivamente aceitas.

Observem o que se perde junto aos efluentes:

- Licores e filtrados ricos em material orgânico que poderiam ser fontes de energia na caldeira de recuperação;
- Residuais de insumos químicos utilizados (peróxido de hidrogênio, soda cáustica, dióxido de cloro, etc.);
- Fibras e fibrilas;
- Calor desperdiçado na forma de altas temperaturas nos efluentes (cerca de 3,5 a 4,5 GJ/adt costumam ser perdidos como temperaturas altas de efluentes, que ainda exigem torres de refrigeração e trocadores de calor para aumentar ainda mais os custos);
- Etc.

Caso os gestores das fábricas aprendam a calcular o real valor dessas perdas e seus impactos nos custos das águas e efluentes, acredito que novas tecnologias seriam rapidamente criadas e utilizadas pelos rápidos "pay-back" das mesmas.



Uma coisa tem que ficar bem claro aos nossos leitores: tratar efluentes representa apenas e tão somente custos e custos. Não há resultado financeiro positivo algum em termos de receitas líquidas positivas. Portanto, a melhor maneira de melhorar a performance econômica do tratamento de efluentes não deve ser concentrando esforços em reduzir os custos dos insumos químicos usados nesse tratamento, nem de investir mais em sua modificação tecnológica conceitual. A melhor alternativa é exatamente perder menos insumos e matérias-primas que irão contaminar como poluição os efluentes a tratar. Falaremos mais sobre isso, mais adiante nesse capítulo.

Por tudo isso que falamos, temos diversos problemas sérios a encarar e a resolver, quais sejam:

- Reduzir consumos de águas e gerações de efluentes;

- Reduzir as perdas de poluentes nos inúmeros setores de nossas fábricas e que se convertem em poluição na forma de DBO, DQO, SST, AOX, etc.
- Encontrar formas de gestão mais ecoeficientes;
- Desenvolver ou implantar tecnologias de mínimo consumo de água e mínima geração de efluentes;
- Encontrar maneiras de fechamento adequado de circuitos;
- Etc.

Estamos vivendo uma nova realidade nos temas ligados à oferta e consumo de água dos rios, lagos, poços artesianos, aquíferos, etc. Essa realidade consiste em pressões novas que exigirão muita criatividade por parte de nossos técnicos e gestores. Ela existe em função de alguns novos condicionantes globais, tais como:

- Cobrança/taxação pelo uso da água natural captada dos recursos hídricos, considerados hoje como patrimônios públicos das Nações;
- Cobrança/taxação pela água perdida nas atividades industriais (diferença entre o volume captado de água e o volume de efluentes lançados de volta aos corpos d'água);
- Cobrança/taxação pelo lançamento de cargas poluentes em bacias hidrográficas já muito comprometidas pela poluição doméstica, industrial e agrícola;
- Necessidades de cálculos voluntários das "pegadas de água" ("Water Footprints") para produtos comercializados em mercados mais conscientes e verdes;
- Conflitos gerados pelo uso da água em bacias altamente exigidas pelo crescimento da população e das suas atividades correlatas (domésticas e industriais).



Pegadas de Água ("Water Footprints")...

Nova forma de se demonstrar sustentabilidade e competência ambiental...

Fica claro, por tudo o que vem acontecendo e que acontecerá em futuro próximo, que deveremos saber distinguir muito bem os números quando falarmos deles. Consumo de água é uma coisa, geração de efluentes é outra. Quase todos técnicos medem e relatam a geração de efluentes

(mais fácil, um ponto só a medir e é legislado). O consumo de água de cada setor da fábrica e os pontos de perdas de água nas fábricas são medidos por poucos. Também não é muito difícil de ser feito. Com não muito esforço se pode ter um bom balanço de entradas e saídas de todas as águas da fábrica.



Efluentes nem sempre se mostram como águas de qualidade compatíveis à capacidade de absorção pelo corpo receptor...

Há muitos pontos evidentes e de razoável perda de água nas fábricas:

- Na evaporação superficial de enormes lagoas de aeração ou de lagoas de emergência;
- Na evaporação da neblina das torres de resfriamento;
- Na evaporação das águas dispostas abertamente ao ar livre na fábrica;
- Na secagem da madeira e dos cavacos na floresta e no pátio (os cavacos de madeira, dependendo de sua umidade podem entrar com 0,8 a 2,2 m³ de água/adt no processo);
- Nos vapores e neblinas dos secadores, caldeiras, etc.;
- Nas lavagens de pisos e de equipamentos;
- Na água que acompanha os resíduos sólidos descartados ou enviados para compostagem (muito pouca atenção se dá ao teor de umidade de resíduos sólidos. Para um resíduo com 20% de consistência, a cada tonelada seca desse resíduo teremos quatro toneladas de água perdida junta).
- Nas perdas de vapor e de purgadores;
- ...e muitos pontos mais.

Em resumo, há muitas perdas de água, por essa razão existe uma diferença de cerca de 10 a 20% entre água captada e efluente devolvido ao corpo receptor. Essa percentagem pode ser maior ou menor, dependendo da tecnologia e da gestão da água na fábrica.

Outro grande problema é a falta de distinção entre as diversas águas. O setor de celulose e papel se acostumou a usar água industrial, quase

potável, para tudo: águas de selagem, águas de refrigeração, água de lavagem das toras, água de lavagem de pisos. Um desperdício, pois a maioria desses usos poderia ser feita com água recuperada ou mesmo com algum efluente.

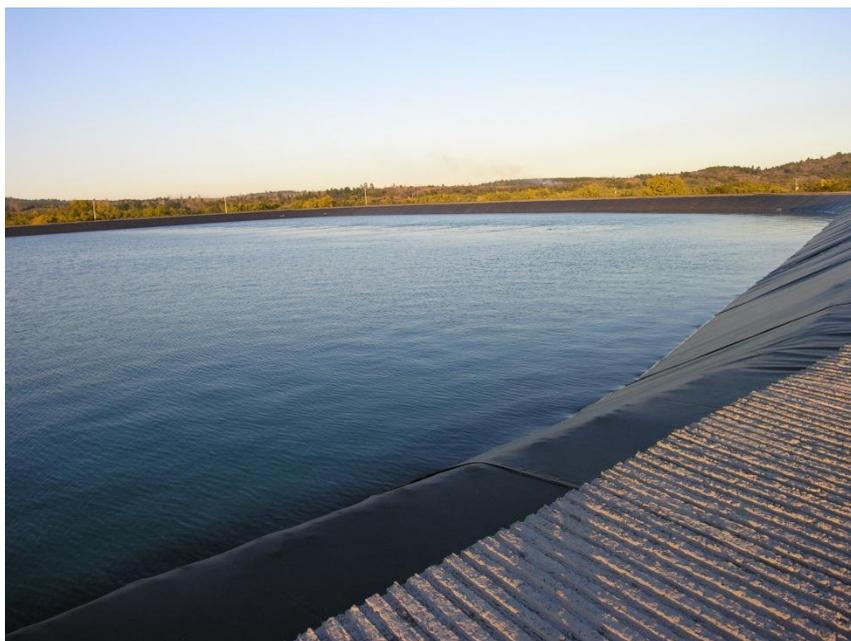
Se analisarmos criteriosamente a qualidade das águas que circulam dentro da fábrica de celulose, vamos notar que cerca de 70 a 80% delas tomam contato com contaminantes e se sujam de uma maneira mais acentuada, mas entre 20 a 30% só se aquecem ou se contaminam muito pouco e acabam nos efluentes. Porque não desenhar circuitos específicos para recuperar essas águas e se reusá-las novamente? Lembre-se que as águas podem recircular mais de uma vez ao dia na fábrica. As unidades de resfriamento de águas quentes de processo, hoje comuns nas fábricas de celulose, resfriam entre 100 a 300 m³/adt de água, pois essa água vai e volta diversas vezes à unidade de resfriamento ao longo do dia.



Torres de refrigeração de águas e efluentes...

Elementos tecnológicos desperdiçadores de águas conforme a versão tecnológica disponível para as mesmas...

Outro problema usual nas fábricas é a perda de água por desbalanceamentos nas diferentes unidades: falta água em uma área e sobra muito em outra. Onde sobrar, acabará indo ao efluente. Uma possível solução seria se ter uma lagoa ou tanque de regulação de fluxos para águas limpas e que sobrem nas operações. Sou definitivamente a favor de uma grande lagoa para receber as águas boas já mencionadas, que ao invés de irem ao tratamento de efluentes, iriam para essa lagoa. Dai, poderiam abastecer a ETA - Estação de Tratamento de Água. Economizaríamos investimentos no final de tubo (na ETE) e otimizaríamos o início de tubo (na ETA). Fácil, econômico e muito mais sustentável.



Lagoas de água para reaproveitamento e regularização de fluxos de abastecimento...
Viabilidade existente e comprovada por alguns do setor...

Outra coisa histórica, que já mencionamos anteriormente, e que prejudica o consumo de água, é a forma de se veicular a polpa de uma área para outra na fábrica. Usa-se praticamente em todas as situações o bombeamento de polpa a baixa a média consistência (2,5 a 12%). Essa água, que acompanha a polpa que sai de uma área em direção a outra, leva, além de polpa, contaminantes como coloides, "pitch", elementos não processuais, radicais orgânicos, compostos coloridos, matéria orgânica dissolvida, finos, cargas minerais, compostos voláteis com cheiro (H₂S e VOC's - "Volatile Organic Compounds"), compostos com alguma toxicidade (AOX, dioxinas e furanos), etc. Estamos então transferindo polpas, águas e lixos ("trash"). Precisamos mudar logo esse conceito. Espremendo a polpa em prensas lavadoras a 30%, retemos muita dessa água no próprio setor e transferimos mais polpa e menos lixo químico para a área seguinte no processo. Ao invés de 30 m³/adt de água (para bombeamentos a 3% de consistência), estaríamos transferindo menos de 2,5 m³/adt (para transferências a 30% de consistência). Uma enorme diferença a favor do mundo da racionalidade. Felizmente, já estou vendo isso acontecer, timidamente em algumas fábricas, usando esteiras transportadoras para transferência entre setores de polpa a mais alta consistência.

O uso de água na fabricação de celulose e papel é ainda vital. Sem ela, é impossível se produzir esses bens com as tecnologias atuais. O que precisamos fazer, e logo, é aprender novos conceitos e reeducar pessoas, quebrando paradigmas antigos existentes. Há que se reengenheirar as

fábricas novas e não copiar modelos antigos baseados em uso intensivo de água.

A fábrica isenta de efluentes é o sonho meu e de muitos ambientalistas, organizações licenciadoras e também de muitos técnicos e empresários do setor. Há um grande consenso que efluente é problema e o ideal seria eliminá-lo. Entretanto, acabar com os efluentes no setor de celulose kraft branqueada ainda está um pouco distante, em função das limitações tecnológicas e processuais que ainda temos. Mesmo as mais avançadas tecnologias não permitem reduzir para abaixo de 15 m³/adt polpa para as fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. Para nossa esperança, existem muitas pesquisas sendo colocadas em fechamentos de circuitos nas nossas fábricas, como vocês poderão ver mais adiante.



Polpa sendo transferida a mais de 10% de consistência por correia transportadora

A redução no consumo de água tem diversos fatores motivadores e aceleradores para os fabricantes de celulose e papel, tais como:

- Custos crescentes com a água e efluentes devido às políticas públicas de conservação de recursos hídricos;
- Custos crescentes com tratamentos de água e efluentes;
- Altas demandas de investimentos de capital em estações para tratar águas cada vez mais contaminadas dos rios e efluentes sujos;
- Conflitos sociais pela água, o “petróleo do século XXI”;
- Pressões da sociedade organizada, cada vez mais consciente em termos de preservação da Natureza e prevenção da poluição;
- Incapacidade dos corpos d’água em continuar a receber essas altas cargas poluentes geradas pela população e derivados dela;
- Aspectos estéticos ligados à poluição hídrica da água (neblinas, espumas, cor, cheiro, etc.);

- Aspectos toxicológicos, ecotoxicológicos e prevenção de riscos à saúde das pessoas e dos ecossistemas.



A sociedade demandará cada vez mais pela saúde dos ecossistemas e das águas

Em resumo, o problema da água deverá se magnificar pelas exigências de águas limpas e pela redução em disponibilidade da mesma para atender às crescentes demandas da sociedade, onde se inserem os cidadãos em seu uso diário, a agricultura para produção de alimentos, a indústria para produção de bens de consumo, e o setor de serviços.

O setor de papel e celulose já se movimentou bastante nessas últimas décadas para melhorar sua posição em relação às águas e efluentes. Entretanto, a percepção pública ainda é a de que esse setor é grande usuário de água e poluidor dos rios. Por outro lado, o setor se "autoproclama" como sendo ambientalmente sustentável e até mesmo de "amigo do meio ambiente". É bem verdade que o setor é um setor que se baseia em forte integração com recursos naturais renováveis e seus produtos são altamente recicláveis. Também é verdade que o setor tem buscado formas mais ecoeficientes de produção e gestão, principalmente através de certificações ambientais, rotulagens, pesquisas científicas e tecnológicas e uso de tecnologias de mínimo impacto ambiental.

A busca de fábricas de mínimo impacto ambiental não significa, pelo menos nos dias de hoje, a atingir fábricas com zero efluente ou então fábricas sem compostos de cloro no branqueamento (tecnologia TCF – "Total Chlorine Free"). O setor caminha segura e gradualmente na redução de seus poluentes mais críticos e na redução do consumo de água, mas há ainda um caminho longo e cada vez mais difícil a ser trilhado. Isso porque o fechamento total dos circuitos, se um dia for atingido, poderá representar até mesmo novos modelos tecnológicos em relação aos atualmente vigentes.

A busca pela sustentabilidade é algo contínuo e interminável. Com muita certeza, as fábricas de celulose e de papel da próxima década serão definitivamente mais ecoeficientes que as atuais, e assim sucessivamente. Podemos até mesmo um dia chegar à sonhada fábrica de efluente zero, sem odor e sem resíduos sólidos (todos recicláveis). Mas isso demandará muitas pesquisas mais e um tempo de amadurecimento dessas tecnologias.

As fábricas de mínimo impacto hoje são consideradas como as que buscam a sustentabilidade através de:

- Mínima utilização de insumos (energia, madeira, água, etc.);
- Fabricação de produtos de alta qualidade gerando mínimas quantidades de rejeitos desclassificados;
- Fabricação de bens recicláveis que possam ser de novo usados e incorporados de volta à rede produtiva;
- Máxima ecoeficiência energética, podendo até mesmo o papel após uso ser utilizado como combustível;
- Uso de combustíveis de origem verde, como a biomassa florestal;
- Ótima aplicação dos recursos de capital (sem desperdício de dinheiro);
- Agregação de valor aos acionistas, clientes, empregados, comunidade regional e população do País;
- Gestão ecoeficiente e orientada para a responsabilidade ambiental e social.

São por essas razões que acredito que em futuro não muito distante estaremos atingindo indicadores ambientais para águas e efluentes muito melhores do que os valores atuais.



CONSUMINDO ÁGUA EM NOSSAS FÁBRICAS DE CELULOSE KRAFT BRANQUEADA



Existe um insumo que é comum a qualquer fábrica de celulose e papel em qualquer lugar desse planeta - a água. Ainda não dispomos de processo industrial eficiente e economicamente viável para se fabricar celulose e papel a seco. Como já vimos, além de consumir água, esses consumos são altos e variáveis de situação a situação.

O setor fabril que mais consome é a linha de fibras, em especial o setor de branqueamento da celulose. É nessa unidade industrial que a celulose é purificada e tem sua cor acinzentada ou amarronzada eliminada, ficando branca e limpa. Diversos estágios são utilizados para oxidar e remover os compostos cromóforos que dão coloração às polpas. Após cada um desses estágios costuma haver uma etapa de lavagem para remover os compostos cromóforos modificados e que se tornaram solubilizáveis. No caso de polpas kraft de eucalipto, cerca de 4 a 5% do peso das mesmas é dissolvido no branqueamento, indo para o efluente como carga orgânica. Para uma fábrica de 1.000 toneladas de polpa seca por dia, estaríamos falando na dissolução de 40 a 50 toneladas de material orgânico por dia – muito alto, não é mesmo? Portanto, o setor de branqueamento não apenas gera cerca de 40-45% dos efluentes de uma fábrica de celulose kraft, como também libera carga poluente significativa, tanto de compostos orgânicos como de íons como cloreto, clorato, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, etc. Também é o branqueamento que pode gerar os “outrora famigerados” compostos organoclorados, muitos deles referidos como POP’s – Poluentes Orgânicos Persistentes, dos quais os mais temidos são as dioxinas e os furanos. Graças às tecnologias ECF (“Elemental Chlorine Free”) e TCF (Total

Chlorine Free”) esse problema de grande magnitude ambiental foi solucionado pelo setor de celulose e papel.

Uma unidade de branqueamento bem operada gera entre 10 a 12 m³ de efluentes por tonelada seca ao ar de celulose. Entretanto, grande parte desse efluente não é resultante de água limpa e tratada, mas de água branca recuperada. Uma instalação de branqueamento ECF – “Elemental Chlorine Free” consome atualmente cerca de 4 a 6 m³ de água limpa e entre 6 a 10 m³/adt de água branca que retorna do setor de formação da folha de celulose. Na grande verdade dos fatos, o setor de branqueamento recebe uma polpa da unidade de cozimento e depuração/lavagem da massa não-branqueada a cerca de 10 a 12% de consistência. Também entrega para a máquina de formar e secar a folha de celulose a cerca de 10 a 12% de consistência. No entanto, a folha produzida sai com apenas 10% de umidade (ou 90% de consistência), o que significa uma enorme sobra de água no setor máquina de formar e secar a folha. Grande parte dessa água precisa retornar como água branca ao branqueamento, fazendo um papel de água recuperada de lavagem em contracorrente nessa unidade. Como o setor de máquina de formar e secar a folha consome entre 1,5 a 3 m³ de água limpa por adt de polpa, percebe-se com facilidade que o branqueamento é também um grande recuperador da água que envia para o setor seguinte a ele. Para uma consistência de 10%, significa que uma tonelada seca ao ar de polpa branqueada estaria levando à máquina de secar cerca de 8 m³/adt polpa, recebendo esse fluxo de volta em quase sua íntegra como água a recuperar.



Setores de branqueamento de máquina de formar folhas e secar a celulose são áreas com grande consumo de água e geração de efluentes

A preocupação nos dias de hoje é para se utilizar cada vez mais de águas recuperadas dos diversos setores industriais, seja na diluição de produtos químicos, lavagens de polpas, lavagens de equipamentos e pisos, preparação do licor branco, etc., etc. Por essa razão, existe uma necessidade de operações muito limpas nas diversas áreas da fábrica, exatamente para evitar sujar uma água com lixos acumulados pelas operações. Uma água limpa e recuperável pode virar imprestável para reuso se for contaminada, por exemplo, com lodos, ou serragem de madeira.

As principais fontes de água para uma fábrica de celulose kraft são as seguintes:

- Água captada de cursos d'água, tratada em geral na própria fábrica por clarifloculação/decantação com sulfato de alumínio, seguida de filtração e/ou desmineralização (somente parte dela);
- Condensação de vapores e neblinas geradas nas fábricas;
- Compostos químicos comprados na forma diluída e preparados como soluções aquosas;
- Água recuperada de efluentes setoriais;
- Água industrial quente que foi resfriada em sistemas de trocas térmicas;
- Água extraída de resíduos sólidos;
- Águas servidas limpas e passíveis de reuso (águas de selagem, de refrigeração, de purga de caldeiras, etc.);
- Água da madeira – em geral pouca atenção se coloca sobre essa importante fonte de águas para as fábricas;
- Água de chuvas: algumas empresas já possuem sistemas para coleta da água das chuvas e permitindo seu envio para a ETA para ser aproveitada como insumo.

A água industrial precisa ser tratada, bem como as águas recuperadas precisam ser compatíveis com as exigências para sua reutilização. Isso porque ambas possuem especificações e os contaminantes podem colocar impedimentos em seu uso.

Os principais contaminantes das nossas águas industriais são:

- Substâncias húmicas;
- Substâncias orgânicas dissolvidas;
- Partículas sólidas grosseiras: areia, pedras, peixes, crustáceos, moluscos, etc.;
- Fibras e fibrilas;
- Coloides;
- Lignina, carboidratos, extrativos da madeira;
- Cargas minerais (por exemplo: talco anti-“pitch”);

- Silicatos;
- Carbonato de cálcio (dureza);
- Íons minerais diversos (potássio, cloreto, alumínio, ferro, etc.);
- Nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, etc.);
- Microrganismos;
- Etc.

As diversas águas das fábricas costumam ainda serem classificadas como:

- Água bruta;
- Água de processo ou água industrial;
- Águas recuperadas;
- Águas quentes;
- Águas residuárias ou efluentes

Os contaminantes das águas usadas nos processos podem trazer sérios problemas, tais como: incrustações, depósitos de cristais, filmes biológicos, corrosão, entupimentos, aglomerações orgânicas de extrativos ("pitch"), aumento do consumo de reagentes químicos e conseqüente aumento de custos, necessidade de tratamentos específicos para minimização dos efeitos nocivos (anticorrosivos, antiespumantes, anti-"pitch", surfactantes, eliminadores de cristais, microbicidas, etc.).



A beleza das espumas na superfície de efluentes alcalinos...

São por esses problemas e dificuldades operacionais que os técnicos das nossas fábricas são reativos à ideia de fechar os circuitos de água, já que podem ocorrer impactos na produção e na produtividade. Só quando existem comprovadas evidências que a eficiência operacional e a qualidade não serão

afetadas é que eles tiram os pés que estavam para trás, abrem os braços e fecham as válvulas um pouco mais.



Papel e celulose se fazem com muito uso de água... Desde suas invenções

Qualquer um que se aventurar a estudar fechamentos de circuitos e utilização de águas recuperadas deve ter em sua equipe de profissionais elementos qualificados em química, biologia, hidráulica, engenharia mecânica, etc. Sem uma bagagem de conhecimentos que permitam avaliações, estratégias e ações adequadas, corremos o risco de trabalhar apenas com a implacável metodologia do trinômio tentativa/erro/acerto. Essa em geral traz muito mais novos problemas do que sucessos.



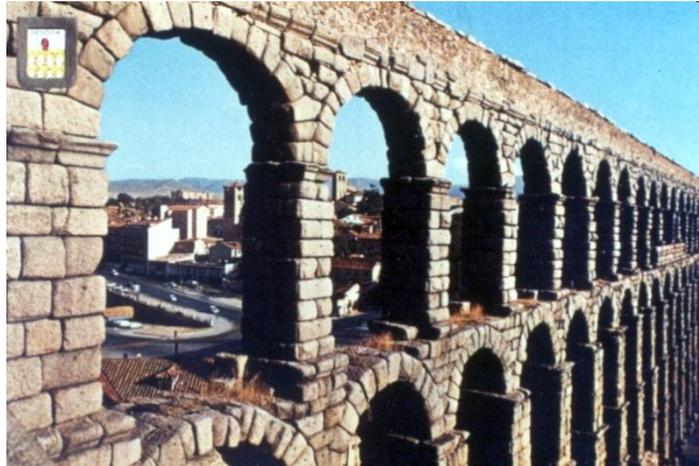
Incrustações em tubulação devido contaminantes em filtrados de processo

Águas tratadas e limpas são muito utilizadas em situações onde águas recuperadas ou até mesmo o caso de um efluente setorial poderiam perfeitamente cumprir o mesmo papel. De forma muito geral, há inúmeras situações em nossas fábricas. Pode-se até mesmo dizer que cada fábrica adota uma gestão diferenciada e tem formas clássicas e outras inovadoras

para aproveitar e reaproveitar suas águas. Entretanto, todas sempre usam águas limpas e tratadas em diversos de seus setores fabris, sendo que a tabela a seguir coloca a utilização aproximada de água e a geração de efluentes em cada dos principais setores consumidores da mesma em uma fábrica de celulose kraft.

Fábricas modernas de fabricação de celulose kraft branqueada (tecnologias das décadas dos 90's e 00's):

Setor da fábrica kraft	Consumo atual padrão de água tratada m ³ /adt polpa	Geração de efluente pelo setor m ³ /adt polpa	Expectativas de consumo de água em futuro não muito distante m ³ /adt polpa
Água com a madeira	0,8 a 2,2		2,0 - 2,5
Preparação dos cavacos e pátio toras	0,6 a 1,5	0,8	0,2
Digestão kraft	1 - 3	0,5	0,3
Lavagem e depuração polpa marrom	1,5 - 2	0,5	0,3
Branqueamento da celulose	4 - 6	9 - 13	4 - 5
Formação e secagem da folha	1,5 - 2,5	1 - 2	0,5
Evaporação do licor preto	1,5 - 2	0,5 - 1	0,3
Caldeira de recuperação	0,8 - 1	0,3	0,3
Desmineralização de água	1,8 - 2	0,3	-
Caustificação e forno de cal	0,8 - 1,3	1	1
Planta química	2 - 3	1,2 - 2	0,3
Águas de selagem	2,2 - 2,5	1,5 - 2	-
Caldeiras de força	0,5 - 1	0,5	0,3
Outros	2 - 2,5	1,2 - 2,2	1.5
TOTAL	21 - 32	17,5 - 25	9 - 11



Aquedutos romanos na Europa – Água sempre foi escassa e de uso conflitivo

As principais “perdas irremediáveis” de águas de nossas fábricas estão localizadas em:

- ✓ Águas das fumaças das chaminés de equipamentos de combustão, secagens, etc.;
- ✓ Águas dos lavadores de gases;
- ✓ Águas perdidas com os resíduos sólidos (lodos das estações de tratamento de águas e efluentes, “dregs” e “grits”, etc.);
- ✓ Águas das depurações hidrociclônicas;
- ✓ Águas de “boiling outs” – lavagens de equipamentos;
- ✓ Efluentes sanitários;
- ✓ Neblinas das torres de refrigeração de efluentes e de águas quentes do processo;
- ✓ Evaporações diversas;
- ✓ Etc.

Dentre essas perdas consideradas irremediáveis, podemos vislumbrar ótimas oportunidades de recuperar algumas dessas águas. É o caso das águas de lavadores de gases do branqueamento e da planta química, da neblina das torres de refrigeração, da água carregada por resíduos sólidos muito pouco adensados, etc. Os caminhos tecnológicos existem, basta se avaliar melhor as alternativas do ponto de vista ambiental, social e econômico e tratar de programar as melhorias.

Algumas perdas de águas a resolver em nossas fábricas:



“BENCHMARKING” ÁGUAS E EFLUENTES



Existe uma enorme diversidade entre as fábricas do setor, tanto na performance operacional para consumir água, como em suas eficiências de gerar e tratar efluentes. O resultado dessa diversidade causada por tecnologias diferentes e variados compromissos na gestão das águas tem feito com que os valores de cargas específicas de poluentes (kg/adt) e de consumos de águas e de geração de efluentes (m³/adt) sejam bem variáveis.

O primeiro ponto a afetar essa variabilidade consiste exatamente no projeto conceitual da fábrica para sua gestão de águas e de efluentes. Isso tudo acontece nas planilhas e desenhos da engenharia e depois nos intramuros das fábricas. Caso os setores fabris não tenham uma padronização em sua gestão de controlar derrames e perdas (“spills”), teremos uma ampliação dessa variabilidade, inclusive com distintas formas de se ver e gerenciar esse problema dentro da própria fábrica. Quanto maior a variabilidade da qualidade do efluente bruto, maior será a dificuldade de se tratá-lo e de garantir níveis adequados de qualidade no efluente final a dispor no rio.

Muitas fábricas possuem sofisticados sistemas de recuperação de perdas, o que permite que os setores possam ter ativos resultados na retenção de poluições causadas em situações emergenciais. Esses líquidos

contaminados com fibras, licores e resíduos podem ser retidos e redirecionados, sem problemas de causar impactos na qualidade do efluente bruto a ser tratado. É muito comum que esses poluentes sejam devolvidos aos próprios setores que tiveram a perda emergencial. Também é comum que os sistemas de recuperação de perdas adquiram um eficiente papel na gestão interna das águas e efluentes, oferecendo maior flexibilidade aos setores e maior eficiência na qualidade dos efluentes setoriais. Outras vezes, essas perdas de poluentes mais carregados em poluição são encaminhadas para lagoas de emergência para depois serem devolvidos de forma gradual para a ETE tratar.



Sistemas de recuperação de perdas – uma enorme necessidade para nossas fábricas

Também os desenhos e a capacidade das ETE's são de vital importância nesse processo. Estações de tratamento sobrecarregadas não resultam em eficiente remoção de poluentes e acabam gerando mais e piores águas residuárias a dispor. Isso porque vai faltar tempo para que as etapas de remoção de poluentes como oxidação biológica, decantações, filtrações, etc. possam ocorrer de forma eficiente.

Ao se falar sobre "benchmarking", é importante que os métodos de análise sejam similares para as comparações. Há fábricas que medem a DQO dos efluentes sem filtrar os mesmos, outras filtram os efluentes para retirar os efeitos das fibras e outros sólidos suspensos. No caso da DQO de efluentes filtrados e não filtrados, é muito interessante se ter as duas medições em especial para os efluentes brutos sem tratamento, pois permite se avaliar as perdas de sólidos suspensos orgânicos que podem ser valiosas fibras e fibrilas desperdiçadas pelo processo.

Outra diferença importante está na determinação da DBO, podendo a mesma ser realizada em tempos de permanência de cinco ou de sete dias, o que leva aos conhecidos DBO5 e DBO7. Evidentemente, o tratamento em sete dias oferece resultados ligeiramente maiores, já que há mais tempo para a degradação biológica da matéria orgânica. Entretanto, essas diferenças não são tão significativas, pois a maior parte da matéria orgânica se degrada nos primeiros dois a três dias. Para referenciar uma metodologia em relação à outra, utiliza-se de uma equação empírica:

$$DBO5 = 0.85 \times DBO7$$

Algumas empresas utilizam procedimentos da ISO - International Organization for Standardization, outras preferem os tradicionais métodos do livro "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters".

Outro problema comum é que a maioria dos laboratórios não apresentam os limites de detecção dos métodos analíticos, ou realizam essas avaliações de forma empírica, em laboratórios sem certificação pelos órgãos específicos de acreditação de laboratórios (exemplos: INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, ou por algum órgão ambiental licenciador).

Existe uma série de testes padronizados para qualificar os efluentes do setor de celulose e papel. As maiorias desses métodos são gerais, englobam uma série de compostos e não são específicos para um único poluente. Por isso mesmo, gosto de chamá-los de macro-indicadores de poluição.

É o caso do ensaio de DQO, que engloba todos os compostos presentes no efluente e que são passíveis de oxidação por dicromato de potássio em condições ácidas, tendo em vista tempos e temperaturas controladas no ensaio. O resultado engloba material orgânico dissolvido, compostos de odor, substâncias inorgânicas capazes de serem oxidadas, fibras, flocos de lodos orgânicos, microrganismos, etc.

O mesmo ocorre para o ensaio SST – Sólidos Suspensos Totais, que pode incluir fibras, fibrilas, carepas de ferrugem, cargas minerais, etc. Igualmente, o ensaio do AOX – Compostos Halogenados Totais, resulta em um valor que engloba diferentes compostos adsorvidos pelo carvão ativado em condições padronizadas do ensaio. Entre eles temos a maioria dos organoclorados, entre os quais as dioxinas e furanos.

Outro problema comum é aquele relacionado ao tipo de cor medida nos efluentes. A cor aparente é medida sem centrifugar ou filtrar o efluente, logo há um efeito da matéria suspensa na expressão da cor, medida em termos de refletância. Já para a cor real, existe uma remoção das partículas suspensas, o que diminui bastante os resultados.

Enfim, há uma grande diversidade nas técnicas e nas metodologias, o que precisa de muito cuidado. Em geral, em empresas certificadas pelas normas ISO 9001 e ISO 14001, temos maior aderência a metodologias padronizadas.

Nessa seção, estamos trazendo a vocês algumas comparações globais feitas por entidades especializadas em “benchmarking” ambiental e cujos resultados são bastante recentes. As comparações estão feitas para fábricas globais de celulose kraft branqueadas, mas não estão separadas as fábricas de eucalipto das demais. Portanto, temos um “benchmarking” que contém fabricantes norte-americanos, europeus, asiáticos e latino-americanos, dentre outros. As madeiras utilizadas como recursos fibrosos são as mais variadas: eucaliptos, *Pinus*, pinho Oregon, abeto, bétula, folhosas do sul dos Estados Unidos da América, etc. A influência da madeira é importante na qualidade dos efluentes da fabricação, pois as madeiras de coníferas são mais difíceis de serem deslignificadas e exigem maior quantidade de madeira por tonelada de celulose (com maior geração de licor preto e maior número kappa na polpa na saída do cozimento kraft). Já as madeiras dos eucaliptos possuem altos rendimentos na conversão a celulose e essas são mais fáceis de serem branqueadas.



De qualquer forma, as próprias especificações aos efluentes acabam levando em conta essa potencial influência das matérias-primas fibrosas e dos processos de cozimento e branqueamento. Também afeta os resultados das fábricas o nível de fechamento de circuitos com que operam as mesmas.

Existe uma entidade europeia, o European IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, que possui enorme credibilidade em propor tecnologias e especificações ambientais aos processos de fabricação de diversos setores, entre os quais o de celulose e papel. Essa entidade editou em 2001 um documento referência (conhecido como BREF) sobre as melhores tecnologias ambientais para o setor de celulose e papel. Nesse documento também foram apresentados os melhores resultados de performances ambientais de fábricas de celulose kraft branqueada. Acontece que o mundo mudou bastante em uma década. Comparar os resultados de uma fábrica projetada em 2001 com uma projetada em 2011 é até certo ponto uma covardia. Por isso mesmo, o documento referência de 2001 está em processo de revisão e deverá ser reeditado de forma mais atualizada. Entretanto, não estou notando uma disposição mais forte em avançar muito mais em relação ao que foi proposto em 2001, mas vamos aguardar para ver o que vai resultar dessa modernização do BREF 2001. Ambos os documentos podem ser disponibilizados para vocês com os endereços para descarregar para leitura sendo encontrados na seção de referências da literatura.

Em função do que existe na literatura mundial, trabalhei em uma tabela, procurando mostrar como performam as fábricas de tecnologias consideradas BAT's, com outras fábricas modernas do setor mundial de celulose kraft branqueada, incluindo diversas fábricas de celulose de eucalipto. Essa comparação de fábricas engloba diferentes níveis de tratamento, tanto a nível secundário biológico como terciário com clarifloculação com sulfato de alumínio ou PAC (policloreto de alumínio). Apesar dos melhores resultados em termos de DQO, DBO e cor estarem presentes nas fábricas com tratamentos terciários, não significa que essa opção deva ser a melhor sempre. O tratamento terciário apresenta outros impactos ambientais significativos e sua adoção deve ser restringida a ambientes mais frágeis, com rios de baixos fluxos, ou localização próxima a áreas para lazer, grandes cidades, etc.

Nossa tabela a seguir foi construída tomando por base extensa pesquisa na literatura. Encontramos resultados "para todos os gostos", mas nos concentramos em lhes trazer o que existe de estado-da-arte, com

tecnologias modernas e mais ecoeficientes. Isso sendo válido tanto para o sistema de produção de celulose branqueada, como para a estação de tratamento de efluentes.

Tabela de "benchmarking": Fábricas modernas para fabricação de celulose kraft branqueada (fábricas de idades tecnológicas entre 1 a 15 anos):

Parâmetros	Intervalo mais frequente para fábricas modernas	"Best-in-class mills"	Recomendações IPPC 2001 & "Toolkit" UNEP 2005
Geração específica de efluente m ³ /adt polpa	30 - 40	20 - 25	30 - 50
DBO ₅ kg/adt polpa	1,0 - 2,2	0,2 - 0,4	0,3 - 1,5
DQO kg/adt polpa	15 - 20	3 - 10	8 - 23
SST kg/adt polpa	1,5 - 3	0,4 - 1,0	0,6 - 1,5
AOX kg/adt polpa	0,1 - 0,3	0,04 - 0,07	Menor que 0,25
Cor real kg/adt polpa	15 - 50	2,5 - 6 (terciário) 10 - 30 (secundário)	-
Fósforo g/adt polpa	15 - 30	10 - 20	10 - 30
Nitrogênio g/adt polpa	150 - 250	50 - 100	100 - 250
Clorato g/adt polpa	150 - 350	100 - 200	-
TCDD*+TCDF** (Dioxinas & Furanos) - (Equivalente Tóxico Total) ng/adt polpa	10 - 40	8 - 20	Menor que 60 ("Toolkit" UNEP 2005)

*TCDD = Tetra Cloro Dibenzo Dioxina; ** TCDF = Tetra Cloro Dibenzo Furano



Existem outros poluentes e exigências legais, cujos resultados mostrados a seguir se referem a fábricas de iguais níveis tecnológicos do que as que denominamos de fábricas modernas.

Oxigênio dissolvido: 0,2 a 0,4 kg/adt

Óleos e graxas: 0,1 a 2 kg/adt

Cloretos: 20 a 30 kg/adt

Fenóis: 1 a 3 gramas/adt

Mercúrio: 0,1 a 0,2 gramas/adt

Temperatura: 25 a 40°C

Também existe uma série interminável de poluentes que costumam ser legislados em diversas regiões, em termos de concentrações máximas nos efluentes finais. Dentre esses poluentes podemos relacionar:

Ácidos graxos: $\leq 0,3$ ppm

Ácidos resínicos: $\leq 0,04$ ppm

Alumínio: ≤ 10 ppm

AOX: ≤ 6 a ≤ 10 ppm

Arsênico: $\leq 0,1$ a $\leq 0,5$ ppm

Cádmio: $\leq 0,05$ a $\leq 0,2$ ppm

Chumbo: $\leq 0,06$ a $\leq 0,5$ ppm

Clorato: ≤ 20 a ≤ 40 ppm

Cloretos: ≤ 400 a ≤ 500 ppm

Clorofenóis: $\leq 0,07$ a $\leq 0,1$ ppm

Cobre: $\leq 0,1$ a ≤ 1 ppm

Condutividade específica: ≤ 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Cromo: $\leq 0,05$ a ≤ 1 ppm

Dioxinas e furanos (Equivalente tóxico): $\leq 0,2$ a ≤ 1 ppq (ng/m^3 ou pg/l)

DBO₅: ≤ 35 a ≤ 100 ppm

DQO: ≤ 145 a ≤ 400 ppm

Ferro dissolvido: $\leq 1,3$ a ≤ 15 ppm

Fósforo total: $\leq 0,35$ a ≤ 5 ppm

Mercúrio: $\leq 0,005$ a $\leq 0,01$ ppm

Níquel: $\leq 0,06$ a ≤ 2 ppm

Nitrogênio Kjeldahl: ≤ 4 a ≤ 10 ppm

SST: ≤ 45 a ≤ 150 ppm

Zinco: $\leq 0,3$ a ≤ 1 ppm

O "benchmarking" ambiental para fábricas do setor é muito válido, pois ele oferece às entidades legisladoras e licenciadoras a oportunidade de conhecer melhor o potencial de performance ambiental do setor, seus limites e restrições, bem como o espaço que existe disponível para o aperfeiçoamento das exigências legais vigentes.

Deve ficar claro que essa grande diversidade de testes mostrados acima são demandados em frequências específicas a cada um deles, em função também de seu nível de impacto, intensidade e periculosidade. O mais frequente é a fábrica dispor de ensaios padrão que mostram grande correlação estatística com a maioria dos demais ensaios. Com isso, ela prioriza maiores frequências (maioria das vezes online) para testes simples como pH, condutividade, DQO e controla de forma eficiente a maioria das situações. Os demais ensaios são realizados de acordo com as frequências negociadas com as entidades controladoras e licenciadoras.



Efluente secundário com alta população natural do microcrustáceo *Daphnia*



FÁBRICAS "BEST-IN-CLASS" E TECNOLOGIAS BAT'S



As fábricas "melhores-da-classe" definitivamente são fábricas que já são projetadas e construídas em base a conceitos de ecoeficiência. São aquelas orientadas para mínimo consumo de energia, mínimo desperdício de matérias-primas, máximo reaproveitamento de seus desperdícios, excelente

fechamento de circuitos e máxima eficiência operacional. Com ótima eficiência nas operações ficam reduzidas as gerações de efluentes nos setores e a qualidade dos mesmos se torna mais estável. Toda parada de máquinas implica em perdas de insumos, maiores necessidades de água, energia elétrica e vapor; ou seja, prejuízos ambientais na certa.

Existem diversas fábricas consideradas melhores da classe ou “best-in-class” no setor de produção de celulose kraft branqueada de eucalipto. Nada mais natural, já que nesse tipo de produção estão as fábricas mais modernas da atualidade. Entretanto, ainda existem fábricas antigas que possuem performance excepcional, o que demonstra que para ser “best-in-class” não é necessário ser de construção recente. Afinal, a idade tecnológica é importante, mas a gestão é tão importante quanto. Uma fábrica moderníssima em mãos descuidadas pode se tornar em fábrica de alto impacto ambiental; tudo dependerá das pessoas que a operam e gerenciam.

Em termos de qualidade dos efluentes gerados, podem ser citadas algumas fábricas “best-in-class” com tratamentos secundários de efluentes (Veracel/Brasil e UPM ex-Botnia/Uruguai) e com tratamentos terciários (Celulose Riograndense – ex-Riocell/Brasil; Arauco Valdívía e Arauco Nueva Aldea/Chile). Já em consumo de águas, destacam-se Lwarcel/Brasil e Fibria Jacareí/Brasil, dentre outras.

As fábricas melhores da classe são projetadas para terem:

- Maior consistência de trabalho, em especial nas lavagens, depurações e transporte das polpas;
- Redução do “carry over” ou arraste de produtos químicos de uma etapa para outra do processo. O arraste de licores, filtrados e insumos químicos sobrecarregam a etapa seguinte do processamento e geram maior carga poluente, pois há necessidade de mais intensa aplicação de reagentes químicos e águas de lavagem.
- Redução no consumo de produtos químicos;
- Máxima preservação da integridade das fibras com máximos rendimentos nem seus processos;
- Máximo fechamento de circuitos;
- Máxima eficiência energética;
- Máxima eficiência operacional.

Em geral, as fábricas “best-in-class” são fábricas com tecnologias consideradas do tipo BAT – “Best Available Technologies” – Melhores Tecnologias Disponíveis. Essas tecnologias são projetadas para os ganhos acima mencionados, o que confere à fábrica o “status” de mínimo impacto ambiental. Para que uma fábrica seja considerada estado-da-arte

tecnológico, possuindo tecnologias de última geração e que minimizam seu consumo de água e a geração de efluentes de melhores qualidades, ela deve mostrar alguns atributos tecnológicos.

No que diz respeito à geração de efluentes e consumo de água, são os seguintes os atributos vitais em termos de BAT's setoriais:

- Descascamento da madeira na floresta ou uso de descascadores mecânicos a seco na área fabril;
- Cozimento kraft modificado, incluindo o conceito de deslignificação estendida, quer seja isso ocorrendo em digestores contínuos ou de bateladas;
- Lavagem e depuração da polpa não-branqueada em circuito fechado, de alta eficiência, com recuperação total dos filtrados para o ciclo de recuperação do licor;
- Deslignificação com oxigênio;
- Branqueamento ECF, ECF-Light ou TCF;
- Redução na geração de compostos organoclorados pela maior utilização de compostos oxidantes a base de oxigênio (peróxido de hidrogênio, ozônio, oxigênio, etc.);
- Recuperação parcial dos filtrados do branqueamento, em especial do filtrado alcalino e do filtrado ácido da última etapa de dioxidação;
- Recuperação parcial do calor dos filtrados do branqueamento e condensados;
- Segregação, purificação e reuso da maior parte dos condensados da evaporação;
- Sistema de água relativamente fechado para minimizar o consumo de água e a geração de efluentes;
- Reuso das águas de refrigeração, selagem, uso hidráulico, purgas de caldeiras, etc.;
- Sistema de recuperação de perdas de altíssima eficiência, dotado de canaletas, poços, comportas, tanques-pulmão, sistemas de monitoramento, lagoas-pulmão, etc.;
- Capacidade extra no sistema de evaporação de licor para evaporar eventuais perdas de licores ou de filtrados altamente contaminados;
- Lagoa de emergência com alta capacidade para receber efluentes hídricos em momentos de acidentes, paradas de equipamentos, paradas da ETE ou em caso de alterações na qualidade do efluente capazes de comprometer o bom desempenho do tratamento;
- Capacidade de coletar, tratar e usar a água das chuvas;
- Capacidade de coletar, tratar e dispor dos lixiviados e percolados do aterro de resíduos sólidos industriais;
- Tratamentos primário e secundário de altíssima eficiência para remoção de SST, DBO5 e DQO;
- Tratamento terciário (opcional – para situações especiais) para remoção adicional e complementar da cor, DBO5 e DQO;

- Separação e segregação de efluentes para maximização da performance da ETE;
- Zona anóxica no tratamento biológico para redução na contaminação por íon clorato;
- Recuperação de calor de águas, gases e filtrados quentes;
- Sistemas eficientes para extração de águas e adensamento de lodos e resíduos sólidos úmidos;
- Recirculação das águas extraídas dos lodos e dos filtros de areia da ETA;
- Recuperação de fibras perdidas em todos os efluentes setoriais e filtrados onde se possam coletar as mesmas e reenviar ao processo;
- Sistemas de neutralização de efluentes setoriais para evitar choques de pH's;
- Sistema de purificação das cinzas da caldeira de recuperação para remoção de elementos não processuais que possuem caráter nocivo ao processo;
- Sistema efetivo para monitorar e combater o acúmulo de elementos não processuais nos sistemas da fábrica;
- Monitoramento da água subterrânea;
- Amplo monitoramento da bacia hidrográfica e ecossistemas que podem sofrer impacto pelo uso de água e disposição dos efluentes;
- Gestão ecoeficiente e voltada para os princípios da sustentabilidade;
- Operadores comprometidos, qualificados e conscientes de seu papel.

Fábricas estado-da-arte não apenas tratam bem seus efluentes, mas possuem tecnologias e atitudes que previnem uso inconsequente e desperdício da água, bem como a contaminação desnecessária da mesma. Com isso, menos água é utilizada nos processos, mais uniforme são seus efluentes setoriais e mais fácil será o tratamento do efluente final.

A composição dos efluentes setoriais de uma fábrica estado-da-arte é muito diferente daquela que se observava em fábricas de duas décadas atrás, ainda que o efeito operação possa interferir muito sobre isso. Houve uma notável evolução nos conceitos de recuperação de águas e de fechamento dos circuitos durante esse período.

Sabe-se hoje que não apenas o tipo de tecnologia, mas também a forma de operar a fábrica e o tipo de madeira utilizada impactam na qualidade dos efluentes, mesmo dos tratados. Isso em função da composição dos extrativos da madeira e da casca que acompanha os cavacos ao cozimento. Também o tipo de lignina e sua relação siringila/guaiacila interferem na capacidade e facilidade de deslignificação (polpação e branqueamento). Isso definitivamente pode afetar a composição química dos efluentes, especialmente em organoclorados. A razão está no uso maior ou

menor de insumos químicos no principal dos efluentes setoriais – o do branqueamento.



TRATANDO OS AFLUENTES OU ÁGUAS RESIDUÁRIAS



Águas limpas para as fábricas utilizarem e efluentes praticamente isentos de poluentes para o meio ambiente são exigências reais para as fábricas do setor de celulose e papel. Não se aceitam mais fábricas poluentes, que contaminam as águas dos cursos d'água sem se preocupar com a sustentabilidade e com a eficiência de suas operações. A legislação, a sociedade e os próprios fabricantes do setor admitem isso e se esforçam para monitorar e controlar a qualidade das águas e efluentes. O tempo em que poluição era sinônimo de desenvolvimento e progresso felizmente já passou. Mesmo assim, é preciso um constante trabalho de otimização de performance ambiental em nossas fábricas para que elas possam atingir níveis de desempenho ainda melhores.

Os sistemas de tratamento de efluentes são necessários no setor, independentemente se a fábrica possui ou não elevados conceitos de ecoeficiência e produção limpa. Nas condições atuais de nossas tecnologias, por mais que fechemos os circuitos e trabalhemos na conservação das águas, ainda teremos necessidade de aplicar tecnologias de final-de-tubo para tratar as águas residuárias do processo.

Os sistemas de tratamento de efluentes visam basicamente à remoção de poluentes das águas industriais servidas de forma a que elas

possam adquirir qualidade para serem lançadas aos ecossistemas sem impacto ambiental significativo.

A missão básica de uma ETE – Estação de Tratamento de Efluentes seria então a remoção de:

- Sólidos suspensos, englobando fibras, cargas minerais, areia, resíduos de casca, de folhas, etc.;
- Óleos e graxas;
- Material orgânico dissolvido, significando lignina, carboidratos, extrativos da madeira, outras moléculas orgânicas de insumos, etc.;
- Compostos tóxicos, tais como organoclorados, residuais de peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, etc.;
- Nutrientes, como fósforo e nitrogênio;
- Microrganismos patogênicos, tais como bactérias, vírus, microrganismos fecais, etc.;
- Compostos incrustantes;
- Compostos coloridos;
- Compostos corrosivos;
- Compostos causadores de espumas, como detergentes, surfactantes, etc.;
- Compostos causadores de odor, como metano, gás sulfídrico, etc.;
- Calor ou excesso de temperatura;
- Etc.

Os parâmetros de restrição legal procuram colocar limites para que as estações de tratamento desempenhem bem o seu papel purificador e depurador, otimizando sua efetividade em minimizar a poluição hídrica. Como seria muito difícil operar uma ETE com base em inúmeros parâmetros qualitativos, são em geral eleitos os denominados macro-indicadores de poluição hídrica para medir sua efetividade de abatimento da poluição, quais sejam:

- SST
- DBO
- DQO
- Toxicidade e ecotoxicidade
- Cor
- Nutrientes
- Compostos perigosos – AOX, dioxinas e furanos, etc.
- pH e condutividade

As empresas procuram fazer a gestão de suas águas não apenas tratando os efluentes finais, mas fechando os seus circuitos de águas. Com isso, procuram minimizar as perdas processuais que prejudicam a qualidade dos efluentes a serem tratados nas ETE's, minimizando assim as dificuldades de tratamento nas mesmas. Já vimos isso, mas é bom reforçar esse conceito que é muitíssimo importante.

Existem diversos tratamentos convencionais que mostram adequados níveis de efetividade para as fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. Esses tratamentos consistem em três ou quatro etapas básicas:

- Pré-tratamento: em geral um gradeamento para remoção de material grosseiro como pedras, metais, areia, pedaços de casca de toras, gravetos de madeira, etc.;
- Tratamento primário, na maioria dos casos uma decantação para remoção de sólidos suspensos decantáveis, tais como fibras, cargas minerais, argila, etc.;
- Tratamento secundário biológico, em geral valendo-se de colônias de microrganismos aeróbios especializados de alta efetividade para redução da DBO (cerca de 90-95%) e DQO (entre 70 a 75% de redução).

Uma quarta etapa se faz necessária quando as restrições são maiores ou quando o ambiente para lançamento é mais sensível, por exemplo: rios de baixo fluxo, rios que abastecem cidades onde já existe conflito pelo uso e qualidade das águas, etc. Nessas situações, antes de se colocar a etapa terciária, a empresa precisa fazer outros deveres de casa, tais como:

- Reduzir ao máximo as perdas de processo, melhorando assim a qualidade do efluente bruto a ser tratado;
- Fechar ao máximo seus circuitos.

Particularmente, eu considero que esses esforços deveriam ser aplicados em todas as situações, independentemente de quais sejam as restrições legais ou o fluxo do rio que receberá os efluentes.

Implementar uma etapa de tratamento terciário está-se tornando mais comum no setor. Já temos diversas empresas assim atuando, lançando aos corpos d'água efluentes muito limpos em todos os quesitos qualitativos, mas isso também tem seu preço ambiental, que discutiremos mais adiante.

A etapa terciária consiste em geral em um tratamento químico intenso de clarifloculação seguida por decantação ou flotação. Após essa etapa, para maior efetividade na remoção de micro-flocos suspensos, é possível ainda se

instalar uma filtração adicional, que é de excelente efetividade. Com isso, conseguem-se reduções da cor real do efluente de 80 a 95%, para a DQO as reduções atingem 90-92% e para a DBO5 pode-se atingir 95-98%. Muitas vezes, esses níveis de redução são desnecessários e acabam onerando os custos e também os impactos ambientais de forma indireta.



Tratamento de efluentes a nível terciário

Inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos se interligam nas ETE's, dificultando às vezes o entendimento e a efetiva modelagem e simulações desses processos. Por isso, as empresas precisam de equipes multidisciplinares e de capacidade de pesquisar esses processos para otimizar os mesmos. Afinal, altos custos estão envolvidos e só podemos admitir alta competência técnica para operar essas sofisticadas instalações.

Também se estão tornando comuns as utilizações de tratamentos intermediários no processo, para purificar alguns efluentes setoriais, permitindo assim seu reuso e a diminuição das pressões sobre a ETE. Esses tratamentos costumam ser físicos, químicos, separação de fases, ou trocas térmicas, dentre outros. São geralmente referidos como etapas "kidney" ou "rins", pois procuram atuar exatamente como fazem os rins, purificando as

águas para reuso e descartando um efluente mais sujo com os detritos indesejáveis.

Toda essa sistemática ainda é complementada pelo monitoramento e utilização de processos intermediários de tratar águas, tais como tratamentos microbicidas, anti-incrustantes, antiespumantes, anticorrosivos, anti-“pitch”, etc. Enfim, algo muito complexo para ser explicado e gerenciado, mesmo pelos que conhecem bem as tecnologias de produção de celulose e papel. Afinal, a base conceitual de nossos processos ocorre em fase aquosa, o que aumenta nossa responsabilidade em termos de gestão desse recurso natural.

A gestão das águas envolve tecnologias e compromissos. Com isso, é possível se garantir níveis adequados de contaminações, que exigem constantes pesquisas e inovações para melhoria contínua. Por melhor que seja o tratamento de efluentes, não podemos nos acomodar. É preciso buscar mais e mais, principalmente no que diz respeito e reduzir as necessidades de água e, com isso, de efluentes a tratar.

As ETE's trabalham melhor quando as cargas de poluentes são mais estáveis, sem choques de pH, temperatura, carga orgânica ou salinidade. Também, os operadores devem trabalhar na capacidade hidráulica e nos tempos de residência desejados para cada etapa do processo. Tratamentos sobrecarregados operam mal, principalmente nas suas etapas biológicas. Os microrganismos são seres vivos, com exigências de condições para melhor crescimento e desempenho. Lembrem-se de que os microrganismos do tratamento biológico se alimentam da poluição orgânica, transformam essa poluição em seus próprios corpos através de seu metabolismo e que depois são removidos como lodo biológico.

Os microrganismos não se alimentam de fibras perdidas, nem de cargas minerais como talco, etc. Algumas frações da lignina são pouco degradadas por eles (conhecidas como DQO recalcitrante), da mesma forma que os compostos organoclorados que apresentam difícil degradabilidade. Os residuais de peróxido de hidrogênio e de dióxido de cloro são indesejáveis, pois atuam como microbicidas, reduzindo a colônia por ataque letal a ela.

Por todas essas razões, o tratamento de efluentes deve ser visto de forma global e de responsabilidade de todas as áreas setoriais que enviam efluentes para serem tratados. Infelizmente, alguns técnicos assim não enxergam e lançam suas poluições setoriais sem cuidado algum, deixando toda a responsabilidade para a ETE. Não basta que a ETE disponha de lagoas de estabilização de fluxos se a qualidade do efluente varia fortemente em

relação a seus parâmetros críticos. Tenho visto com surpresa (ou mesmo com indignação) a ingenuidade de certos técnicos que purgam nos efluentes, de tempos em tempos, parte das cinzas da caldeira de recuperação. Com isso, ocasionam grandes choques de condutividade que certamente impactam no desempenho do tratamento biológico. A ingenuidade é tanta, que sequer percebem que estão cometendo dois enormes erros ambientais: jogar um resíduo sólido nos efluentes e impactar a qualidade de vida da colônia de microrganismos.

Efluentes brutos ricos em fibras mostram altos valores de DQO inicial e grandes remoções de DQO na etapa de tratamento primário. Isso acontece pela decantação de fibras boas que foram perdidas para efluente para virarem lodo primário: mais uma incrível ingenuidade cometida em muitas fábricas do setor.

Levando em conta a carga de DQO, que é o principal indicador de poluição nas fábricas de celulose e papel, temos diversas áreas que colaboram para a formação dessa carga poluente global da fábrica de celulose kraft branqueada de eucalipto:

Preparação da madeira: 1 a 10 kg DQO/adt

Condensados da EVA – Evaporação de licor preto: 2 a 8 kg DQO/adt

Linha de fibras – setor marrom: 2 a 10 kg DQO/adt

Branqueamento da celulose: 20 a 45 kg DQO/adt

Máquina de secagem: 5 a 15 kg DQO/adt

Outros: 5 a 15 kg DQO/adt

A soma das contribuições setoriais conduz a um valor de DQO no efluente bruto chegando à ETE que varia entre 35 a 100 kg DQO/adt. Essa variação ampla nos mostra as oportunidades de otimização que existem em muitas fábricas. Apresentamos em um dos capítulos de nosso livro digital inúmeras sugestões para esse tipo de otimização. Se tiverem tempo leiam: **Mil e uma maneiras de fazer sua fábrica de celulose e/ou de papel e sua floresta plantada mais ecoeficazes e mais ecoeficientes.** O endereço desse capítulo está disponível na seção de referências da literatura.

Admitindo que o tratamento primário não tenha muita efetividade para redução de matéria orgânica dissolvida, deve-se entender bem que ele remove praticamente fibras e outros materiais suspensos, alguns deles também orgânicos. Se essas fibras pudessem ser removidas nas próprias

áreas que as perdem e devolvidas ao processo, estaríamos diminuindo perdas valiosas e reduzindo a necessidade de decantadores enormes para tratamento primário (e muitas vezes totalmente sobrecarregados pelas enormes perdas fibrosas). Mais uma das muitas ingenuidades que existem em algumas de nossas fábricas.



Efluente fibroso e peneira simples para recuperar fibras em fábrica de papel

Após o tratamento primário, um efluente típico de fábrica de celulose kraft branqueada pode apresentar os seguintes resultados de macro-indicadores de poluição:

DQO: 25 – 45 kg/adt

DBO5: 15 – 25 kg/adt

SST: 2 – 4 kg/adt

Já após o tratamento secundário ou biológico, a qualidade dos efluentes pode variar como a seguir:

DQO: 8 – 20 kg/adt

DBO5: 0,5 – 1,5 kg/adt

SST: 0,6 – 1,5 kg/adt

Quando a fábrica opera um tratamento terciário, os resultados são inclusive muito melhores para esses macro-indicadores de poluição:

DQO: 3 - 7 kg/adt

DBO5: 0,2 - 0,5 kg/adt

SST: 0,2 - 0,6 kg/adt

Em seção anterior desse capítulo, quando falamos sobre "benchmarking" de efluentes, pode-se observar muito bem as variações desses parâmetros qualitativos em uma escala mais ampla.

Outra forma de se avaliar o desempenho das ETE's é através das concentrações dos seus poluentes principais, como a DQO e a DBO5. Pode-se fazer isso para o efluente filtrado e não filtrado em laboratório, conseguindo assim também entender a eficiência das decantações. Com isso, pode-se também saber o que é "ração de microrganismo" (material orgânico dissolvido) e o que são perdas de material suspenso, orgânicos ou não. Efluentes de fábricas de celulose sem tratamento algum podem ter valores de concentrações de DQO (sem filtração) variando entre 800 a 4.000 ppm. Após o tratamento primário esses valores baixam para 700 a 2.000 ppm. A DQO típica do tratamento secundário biológico varia entre 180 a 400 ppm; enquanto para a clarifloculação terciária atingem valores entre 100 a 150 ppm.

A maior parte das plantas de celulose trabalha com ETE's a nível secundário. Algumas poucas, em função de restrições mais fortes do órgão licenciador, operam tratamentos terciários com clarifloculação com sulfato de alumínio, policloreto de alumínio ou floculantes a base de ferro.

Para o tratamento biológico, é muito importante se entender a relação entre DBO5 e DQO. Essa pode variar entre 0,15 a 0,6. Quanto maior essa relação, maior é a facilidade dos microrganismos degradarem a matéria orgânica presente, pois ela deve ser mais assimilável e processável biologicamente. Quando o valor dessa relação é muito baixo (menor que 0,3) existem três razões para isso: elevada presença de fibras aumentando o valor da DQO do efluente bruto; presença de alta concentração de DQO recalcitrante ou de difícil degradabilidade; residuais elevados de reagentes oxidantes do branqueamento que estejam afetando a saúde da colônia de microrganismos.

Quanto mais difícil for o tratamento de efluentes, mais oneroso se torna ele para a empresa. Por essa razão, todos os setores devem-se envolver para minimizar as cargas de poluentes para a ETE, regularizando-as através de eficiente monitoramento e atuação setorial. Essa situação deve

ser permanente e não apenas em situações de sobrecarga ou de baixos rendimentos da ETE.

Além da remoção da matéria orgânica dissolvida, existe hoje muita preocupação com os residuais de nutrientes nos efluentes. Isso para evitar que eles promovam o crescimento de algas e outros organismos nos corpos d'água, fertilizando-os (fenômeno conhecido por eutrofização). Também há muito foco nos valores do AOX, mas esse não tem sido um problema para o setor de celulose kraft de eucalipto. Com uma adequada sequência de branqueamento ECF precedida de uma deslignificação com oxigênio, conseguem-se excelentes valores de AOX nos efluentes bruto e tratado. É relativamente fácil se atingirem valores de AOX abaixo de 0,1 kg/adt depois do tratamento secundário, ou até mesmo abaixo de 0,05 kg/adt para sistemas que operam a nível terciário. Atualmente, o branqueamento ECF de polpas kraft de eucalipto têm utilizado cargas de cloro ativo bastante baixas, abaixo de 15 a 20 kg/adt apenas se considerando o dióxido de cloro, único oxidante clorado usado em sequencias ECF. Com a descoberta dos inconvenientes ácidos hexenurônicos na polpa kraft marrom, que consumiam muito cloro ativo no branqueamento, foi possível se destruir os mesmos através tratamento ácido intenso (hidrólise). Com isso, a carga de dióxido de cloro no branqueamento foi substancialmente reduzida.

No caso dos nutrientes (N e P), a tarefa de descontaminação é algo mais difícil. Primeiro, que as madeiras de eucalipto são ricas em fósforo. Além disso, há necessidade de se nutrir os microrganismos com esses elementos vitais para seu metabolismo. A dosagem de nutrientes nas ETE's deve ser feita com excelente monitoramento (a nível estequiométrico) para evitar que sobrem como resíduos problemáticos no efluente final tratado. Para sistemas otimizados, as cargas de nitrogênio e de fósforo perdidas aos cursos d'água variam entre 150 a 250 gramas/adt e 15 a 30 gramas/adt, respectivamente.



Eutrofização das águas por excesso de nutrientes

O que vemos com frequência são empresas investindo altas somas de capital para construção de enormes estações de tratamento de efluentes. Elas em geral acabam focando muito mais em tratar seus efluentes e fazer isso muito bem, ao invés de procurar reduzir a sua geração. Conseguem dessa forma atender muito bem às restrições legais, até superando em qualidade essas exigências do órgão licenciador. Fazem isso a um elevado custo de investimento e de operação, mas ficam satisfeitas e até mesmo muito orgulhosas. Talvez esse sucesso em tratar efluentes acabe cegando parcialmente muitos técnicos para as oportunidades de reduzir seus efluentes. Muita água que não precisaria ser enviada para a ETE acaba indo para lá, sem necessidade alguma de adicionar custos e maiores consumos de água nas fábricas. Com isso, ficamos com ETE's enormes, até mesmo dinossáuricas, um descaso com o dinheiro a ser empregado e com o consumo de águas. Por isso que é comum se ouvir que uma fábrica vai duplicar de produção e não vai precisar de investimentos na área de tratamento de efluentes. Ela vai apenas tratar de adequar sua expansão com base em conceitos de ecoeficiência e em reuso dessas águas boas que na situação passada estavam ocupando espaço na ETE sem necessidade alguma.

Existem diversas razões para que isso aconteça:

- ❖ A segregação e recuperação das águas boas e perdidas ainda são insuficientes e poderiam ser melhoradas;
- ❖ O projeto das ETE's das fábricas em geral é feito com base no volume de água captada, descartando-se entre 10 a 15%, consideradas como "perdas normais de águas" no processo. Entretanto, sabe-se que outros 20 a 30% do fluxo total dos efluentes das fábricas de celulose não precisaria ir para a ETE, podendo sofrer recuperação local nos diversos setores da fábrica. Entre essas águas estão: águas de selagem, águas de unidades hidráulicas, águas de refrigeração, águas de lavagem das toras, condensados limpos, águas de purga de caldeiras, águas de chuva, águas de contra lavagem dos filtros de areia da ETA, etc..
- ❖ Em geral, não existem especificações nem para consumos de água setoriais, nem para as qualidades/quantidades dos efluentes setoriais. A preocupação se concentra mais no efluente bruto geral; só quando ele mostra alguma perda de qualidade que se buscam os efluentes dos "setores culpados".

O conceito mais usualmente praticado consiste em misturar os fluxos de efluentes setoriais e tratar o efluente bruto resultante em uma enorme ETE, com elevados custos e baixa ecoeficiência geral, embora com ótimos resultados de redução de cargas poluentes. Com isso, acabam vítimas do

próprio conceito de economia de escala, onde o grande é necessário para se reduzir os custos unitários de produção. No caso da linha de fibras, isso pode até ser válido, mas nem tanto no caso da geração e tratamento de efluentes. Não queremos uma fábrica de efluentes, queremos uma fábrica ecoeficiente e de mínimo impacto ambiental para fabricar celulose de eucalipto.

Se pudermos atuar de forma a:

- Reduzir ao máximo o consumo de água;
- Reduzir o mais que pudermos os desperdícios de água;
- Recuperar toda água boa e passível de ser reusada no processo;
- Fechar ao máximo nossas torneiras e circuitos;
- Tratar alguns efluentes setoriais de forma a reintroduzi-los no processo graças a tratamentos tipo "kidney";
- Enviar para a ETE apenas aquilo que realmente precisa ser tratado...

...conseguiremos ter ETE's bem menores e assim, menores captações e consumos unitários de água.



Gostaria de deixar algumas questões para reflexão de nossos leitores:

- Por que misturar efluentes líquidos contaminados com águas limpas que poderiam ser facilmente recuperadas?
- Por que enviar efluentes com baixíssimos teores de sólidos suspensos para o tratamento primário?
- Porque enviar efluentes sem matéria orgânica dissolvida para o tratamento biológico? Para diluir?
- Por que algumas empresas estão pensando em tratar todo o efluente geral da fábrica em uma etapa por filtração com membranas? Seria para purificação a nível global?
- Por que misturar um efluente tão limpo como o da própria máquina de formar a folha de celulose (que em geral só possui fibras e fibrilas) com o material descartado pelos hidrociclones da depuração de massa branca (rico em "shives", "pitch", areia, carepas de ferrugem e de carvão, etc.)?

- Por que passar pelas torres de refrigeração de efluentes todo o efluente, inclusive a parte que possui temperaturas baixas?
- Por que usar torres de refrigeração de efluentes brutos com grande formação de neblina desse efluente a ser lançada na atmosfera?
- Por que enviar águas limpas para ocupar capacidade nas ETE's, exigindo energia de bombeamento, nutrientes, etc., etc.?

Tenho tido oportunidades de conhecer magníficas estações de tratamento de efluentes em fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. Entendo que elas refletem uma enorme preocupação dos investidores em controlar sua poluição e em estar além dos restritivos limites impostos pela legislação ("beyond compliance"). Muito bom esse cuidado e essa preocupação por parte de nossos empresários e dirigentes de fábricas. Entretanto, todas as ETE's são tecnologias de final-de-tubo, baseadas no conceito de que a poluição existe e por isso mesmo devemos tratá-la.

Acontece, que essas estações de tratamento de efluentes que oferecem belíssimas fotos e muito orgulho de nossos técnicos, também têm seu impacto ambiental e ele não é pequeno. Elas consomem recursos naturais para serem construídas e operadas. Utilizam energia elétrica, água, produtos químicos, e geram resíduos em enormes quantidades, os principais dos quais são os lodos primário, secundário e terciário. A poluição hídrica acaba sendo em parte transferida aos lodos - resíduos sólidos - a um grande custo ambiental e econômico. O lodo primário recebe os sólidos suspensos. Os lodos secundário e terciário recebem a matéria orgânica dissolvida que é convertida em resíduo sólido. São fantásticos os pesos e os volumes de lodos gerados no dia-a-dia de uma fábrica. Como os lodos são difíceis de desaguar, seu peso seco é multiplicado por valores entre 3 a 6 vezes ao saírem úmidos. Mesmo que gerenciados, compostados, queimados, reciclados ou aterrados, eles representam impacto ambiental a ser evitado e minimizado. Muitas vezes, acabam virando passivos a serem monitorados para sempre.

Sabemos os investimentos que hoje estão sendo destinados para as ETE's - Estações de Tratamento de Efluentes e a CRRS's - Centrais de Reciclagem de Resíduos Sólidos são enormes. Algumas empresas chegam ao exagero de projetar estudos para tratamento com membranas (nanofiltração, ultrafiltração, osmose reversa) para todo o fluxo de efluentes, independentemente da qualidade das diferentes águas que vão compor esse efluente. Outras constroem extensos dutos, que caminham por terras de terceiros por dezenas de quilômetros para dispor o efluente ao mar, onde acreditam que o impacto será menor. Conceito já mencionado antes que diluição não é solução para a poluição. Tudo isso representa alta demanda de capital e custos de depreciação e de operação elevados. Com isso, a competitividade diminui proporcionalmente, não restam dúvidas. Ao invés de se reclamar, talvez a solução esteja em mudar o modelo.

Sempre tenho dito e repetido insistentemente que a solução da poluição é para ser resolvido onde ela é gerada, onde nossa tecnologia ou nossos operadores falham ao lançá-la para ser tratada. Não adianta muito se ter grandes perdas químicas e de sólidos suspensos para a ETE e depois se tirar um efluente tratado limpíssimo, quase água pura, que muitos dirigentes teimam em dizer que "pode até mesmo ser bebido". O impacto ambiental continua grande, apesar de o efluente tratado ter características excelentes.

O desperdício ambiental ocorre nesse modelo de 3 formas:

- pelo lançamento de "material bom" do processo ao efluente na forma de poluição;
- pelas altas exigências ao tratamento de efluentes para tratar essas perdas;
- pelas altas demandas em manejo, reciclagem, disposição e aterro dos lodos gerados.

Para mim, a solução ao problema do efluente em grande parte pode ser conseguida em função de respostas que dermos a uma frase muito simples: o que eu devo fazer para reduzir as cargas em material orgânico (DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO - Demanda Química de Oxigênio); SST - Sólidos Suspensos Totais; AOX (Compostos Halogenados Adsorvíveis), salinidade (condutividade); temperatura e fluxo do efluente bruto? Por efluente bruto vamos chamar ao somatório de efluentes setoriais que é encaminhado para a ETE para ser tratado.

Nossa meta final deveria na verdade ser a de gerar menos efluentes hídricos e ao mesmo tempo alcançar as exigências do órgão legislador em termos de concentrações (ppm, ppb, etc.) e de cargas específicas (kg/adt ou kg/dia) para os poluentes. É uma tarefa difícil, mas não impossível.

Tudo começa na forma de se projetar nossa fábrica. Em geral os técnicos escolhem as suas tecnologias, às vezes as mais charmosas do momento, outras vezes as de menores custos. Após montar a fábrica, calculam as cargas de poluentes setoriais e de águas e projetam a ETE e o aterro de resíduos sólidos. Evidentemente, muitas das modernas tecnologias estão muito otimizadas, desenhadas para trabalhar com maior ecoeficiência, não tenho dúvidas disso.

Entretanto, o que proponho é exatamente a mudança de foco: pré-definir qual o volume de efluentes que deveremos tratar (efluente bruto) e quais as cargas máximas de poluentes que deverão chegar à ETE com esse efluente bruto. E com um nível adequado de desafio... Por exemplo, podemos definir que nossa fábrica terá uma geração específica de efluente bruto de 20 m³/adt, uma geração de DQO no mesmo de 30 kg/adt; de DBO de 20 kg/adt e de Sólidos Suspensos Totais de 4 kg/adt. Para ficar mais excitante, podemos pré-estabelecer que a temperatura máxima do efluente bruto ao chegar à ETE deverá ser de 40°C e com isso, a ETE não terá

necessidade de torres de resfriamento de efluente. Se voltássemos a raciocinar em limites para efluentes tratados, como nos exige a lei, então colocaríamos nossos esforços de novo em construir enormes estações de tratar efluentes e não em solucionar o problema no processo industrial.

Em uma seção mais adiante nesse capítulo lhes mostraremos algumas estratégias para se conseguir isso, evidentemente com esforços e muita criatividade de nossos técnicos.

Imaginem agora o seguinte: se conseguirmos reduzir por medidas preventivas e de fechamento de circuitos a geração de efluente bruto para cerca de 20 m³/adt, estaremos reduzindo em aproximadamente 30% a capacidade hidráulica da ETE em relação a fábricas modernas que começaram a operar entre 2005 a 2010. E isso é absolutamente viável. Caso consigamos trazer esse efluente bruto à ETE com 40°C e não mais com 60 - 65°C, outro ganho ambiental e de simplificações na ETE, e isso também é viável. Caso consigamos reduzir as perdas de fibras na fábrica e de terra na área de lavagem das toras, o tratamento primário será drasticamente reduzido a um pequeno clarificador para tratar somente os efluentes de alto teor de sólidos, sendo que a maioria do efluente sequer precisará de decantador primário por ter baixo teor de sólidos. Isso também é factível.

Caso consigamos reduzir as perdas de DQO a um valor de no máximo 30 kg/adt no efluente bruto, reduziremos as exigências para o tratamento secundário biológico e seus resultados serão melhorados. Quando eu digo que essas coisas são viáveis, apenas estou confirmando o que já se consegue em algumas fábricas "best-in-class" existentes e de mínimo impacto ambiental e operando no mundo. E mesmo elas também possuem espaço para melhorias.



A saúde ambiental se mede também através de bioensaios nos efluentes setoriais, bruto e tratado

Amigos, o tratamento de efluentes começa e deve ser praticado com intensidade no processo de fabricação de celulose, através prevenção, segregação e compromissos/especificações. As sofisticadas tecnologias de final-de-tubo são interessantes e necessárias, mas só depois de esgotarmos nossas alternativas no próprio processo. Por essa razão, quando as exigências legais para sua fábrica forem grandes, não pensem de imediato em colocar um tratamento terciário com sulfato de alumínio ou policloreto de alumínio para flocular sua poluição hídrica e tirá-la como lodo.

O impacto ambiental do tratamento terciário é também grande uma vez que:

- Os compostos flocculantes de alumínio apresentam ecotoxicidade;
- Eles são demandantes de processos ambientalmente agressivos para sua produção;
- Ao serem utilizados, geram enormes quantidades de lodos;
- Significativa parte do flocculante sobra no efluente tratado como residual químico que acaba enviado aos rios, continuando seu efeito à distância das fábricas.

Os tratamentos terciários de clarifloculação com sulfato de alumínio representam cargas unitárias enormes de sulfato de alumínio (com 18 moléculas de água de constituição) base celulose (entre 12 a 25 kg secos/adt). Significativa proporção dessa carga de sulfato de alumínio sairá na forma de flocos de lodo (cerca da metade dela). O restante sairá como sulfato de alumínio dissolvido, com algum efeito residual no corpo receptor. Ou seja, para se remover algo como 5 a 10 kg de DQO/adt de celulose, acabam-se formando entre 10 a 20 kg de lodo terciário seco/adt de celulose. Atentem bem para a importância e dimensão desses números.

Do exposto, pode-se notar que tendemos a gastar muitos recursos naturais pensando que estamos minimizando impactos ambientais, como por exemplo, reduzindo a cor e a DQO final do efluente tratado. Na verdade estaremos minimizando alguns efeitos e criando outros. Afinal, essa é a lei da Natureza, as coisas tendem a se movimentar em direções opostas, na busca do equilíbrio.

Hoje, com a modernização tecnológica e com compromissos da gestão ambiental das nossas fábricas, podemos ter valores excelentes de DBO, DQO, SST, AOX, condutividade, cor verdadeira e temperatura nos efluentes secundários. Basta garantirmos entrada na ETE de valores adequados no efluente bruto, gerenciando bem os efluentes setoriais.

Sob o ponto de vista ambiental, um adequado processo de retenção de perdas e de prevenção interna no processo acaba por gerar um efluente bruto de baixo impacto, que tratado por um tratamento primário simples

seguido de um tratamento biológico secundário eficiente, coloca-se como de muito boa qualidade e capacidade de ser recebido pela maioria dos corpos d'água.

Se as autoridades preferirem um tratamento terciário complementar devido à fragilidade do ecossistema receptor em questão, sugiro considerar alternativas tecnológicas como sistemas de estabilização em lagoas e "wetlands" (leitos cultivados com plantas emergentes ou áreas inundadas construídas). Para isso, precisaremos de área física ampla, mas a maioria das fábricas de celulose possui isso. Se for uma fábrica "greenfield" já poderá incluir isso no projeto. Nada melhor do que deixar a própria Natureza se incumbir de tornar o nosso bom efluente secundário em um líquido naturalmente equilibrado e rico em vida. Alternativas existem, quanto mais naturais elas forem e de menor impacto, melhor ainda. Entretanto, não descartar usar um tratamento terciário físico-químico ou a filtração com membranas da fração mais contaminada do efluente. Há situações onde é a melhor opção ou a única solução.

Toda atividade industrial de porte gera impactos ambientais, isso é uma realidade inquestionável. Porém, quanto mais os conhecermos, mais poderemos reduzi-los em intensidade, magnitude, frequência, amplitude, extensão, risco, etc. Nossas fábricas serão melhores e nossos tratamentos de efluentes serão também de mínimo impacto, para nós pessoas e para todo o ambiente natural.



Ainda temos muito a fazer para resgatar a qualidade de nossos rios...
a tarefa é grande e de todos, sociedade, governo, empresas industriais...



FECHANDO OS CIRCUITOS E AS TORNEIRAS DE NOSSAS FÁBRICAS



Uma torneira que deveria ser fechada em fábrica de celulose e papel...

Fechamento de circuitos de água é um termo genérico que está orientado a ações para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes nas fábricas de celulose e papel. Há inúmeras formas de se fechar circuitos, depende muito da criatividade e das metodologias utilizadas pelos técnicos. Entretanto, fechar circuitos não pode ser confundido com transferir águas que sobram em uma área para outra área da fábrica. Isso até pode ser adequado em alguns casos, mas se não houver análise, disciplina e controle, há sempre o perigo dessa água transferida começar a sobrar em algum outro ponto da fábrica.

Fechar circuitos talvez possa ser correlacionado com fechar torneiras, o que significa que em primeiro lugar devemos tentar reduzir o consumo nos pontos onde a água está sendo utilizada. Esse é o procedimento: identificar quanto de água usamos, qual a qualidade dessa água que seria requerida, quais as quantidades de águas desperdiçadas, quais as quantidades e qualidades dos efluentes gerados, etc. Isso pode ser traduzido como um balanço de material de entradas e saídas de águas, DQO e sólidos suspensos. Ficaríamos então com um conhecimento preciso do que está entrando e saindo de água e de seus principais contaminantes em cada setor da fábrica.

O segundo e muito importante questionamento seria: qual é realmente a qualidade da água que precisamos no setor em questão? Para lavar toras, precisamos de água limpa e tratada, ou poderia ser uma água

recuperada, ou até mesmo um efluente? Qual a temperatura dessa água para lavar toras: fria, ambiente, quente? Existe alguma limitação a esse respeito? E assim para todas as situações.

Balancos de materiais e levantamentos de demanda de água podem ser facilmente realizados por qualquer técnico ou engenheiro químico em nossas fábricas, basta querer fazer. Existem inclusive softwares preciosos disponibilizados na web para isso. Vejam por exemplo o "WaterPlanner" (<http://www.gemi.org/waterplanner/index.htm>) cedido pela GEMI (Global Environmental Management Initiative), que oferece esse software para uso no próprio website deles (<http://www.gemi.org/waterplanner/calculators.asp>). Ele é muito útil para otimizar os consumos de águas industriais. Confirmam isso.

O terceiro ponto em nossa metodologia é identificar e caracterizar os desperdícios. Onde estamos usando mais água do que o necessário? Onde perdemos água que não deveria estar sendo perdida? Como evitar isso? O balanço mássico nos ajuda muito a identificar essas perdas que podem ser evitadas.

Tendo em mãos todos os balanços mássicos das diversas áreas da fábrica, agora sim temos um diagnóstico apropriado para continuar com nosso propósito de fechar circuitos. Por quê digo isso? Porque tenho visto muitas experiências em nosso setor, de áreas tentando fechar seus circuitos sem muito conhecimento, sem sequer conhecer seus balanços de águas, seus fluxos e as qualidades dessas águas. O resultado é na maioria das vezes desanimador: pouco tempo depois a situação se reverte e as perdas até aumentam pela inadequada metodologia empregada. Logo, tentativa e erro não é a maneira correta de se fazer esse serviço de otimização.

Devidamente munidos das informações básicas necessárias, o próximo passo agora é usar de criatividade e de poder de negociação. Inovar é bom, mas convencer a quem será parte do problema e da solução é fundamental.

Com relação ao fechamento de circuitos, existe um ponto muito importante a ser lembrado. Para muitas das soluções encontradas, ao mesmo tempo que deixamos de enviar uma água para efluente, deixamos também de captar mesmo volume de água em nosso curso de água. Ou seja, é um daqueles jogos de futebol, onde se ganham 6 pontos ao invés de 3, dá para entender? Por isso, essas situações de fechamento de circuitos devem ser buscadas com determinação.

Em qualquer processo industrial há muitas oportunidades para se fechar circuitos ou torneiras. Os operadores sabem muito bem disso, por isso, precisam ser envolvidos na busca das soluções. Com o apoio daqueles

que mais conhecem a área será muito mais fácil se alcançar o sucesso. Todos nós sabemos que sempre existirão inúmeras possibilidades a avaliar e resultados a conquistar.



Erros e acertos na gestão das águas



Tratar efluentes é apenas uma fração da gestão ecoeficiente das águas industriais

O consumo de água em uma fábrica de celulose depende de alguns fatores chaves, tais como:

- Idade tecnológica da fábrica;
- Operações fabris bem balanceadas entre as áreas clientes e fornecedoras e que implicam em transferências de águas;
- Nível de limpeza da fábrica: fábricas que trabalham sob o conceito de P+L (Produção mais Limpa) são muito menos usuárias de águas limpas e geram menos efluentes. A sujeira nas fábricas contamina as águas e inviabiliza muitos casos de recuperação das mesmas.
- Nível adequado de fechamento de circuitos;
- Presença de um amplo e envolvente sistema de recuperação de perdas para retenção de transbordos, derrames, drenagens, etc.;
- Adequada qualidade e especificações de todos os produtos intermediários que roubem água do sistema (por exemplo: lodos, neblinas, fumaças úmidas, etc.);

- Compromisso com as melhores práticas industriais;
- Foco na identificação das causas de consumos exagerados de água nas operações;
- Gestão das águas industriais;
- Etc.



Águas e águas – existe realmente muito espaço para melhorias, mesmo em fábricas estado-da-arte tecnológico

O fechamento de circuitos tem duplo benefício para nossas fábricas: reduz a entrada de água captada nos sistemas naturais e reduz a disposição de águas residuárias contaminadas (ainda que tratadas) aos ecossistemas. O fechamento dos circuitos começa pela própria operação ecoeficiente da fábrica, em todos os seus setores. Nossos processos são fortemente dependentes do uso de água, logo as oportunidades de se fechar as torneiras existem em praticamente todos os setores industriais (e administrativos, também). Ao buscar qualidade das águas intermediárias, consegue-se disponibilizar fluxos com possibilidades de reutilização. Isso não se obtém quando ocorre um descaso com as perdas de poluentes e com a inapropriada gestão dos fluxos líquidos do processo. Com ferramentas simples de balanços de materiais e de modelagem, conseguem-se verdadeiros milagres em recuperação de águas intermediárias.

Quando operamos nossas fábricas de forma eficiente, contínua e sem paradas e interrupções frequentes, garantimos a sonhada eficiência operacional. Ela nos oferecerá como presente os menores consumos específicos de insumos, entre os quais o de água.

Fechar circuitos quase sempre vai demandar novos procedimentos operacionais, que precisam ser incorporados nos sistemas de gestão ISO da empresa.

Ao fechar circuitos, temos vantagens evidentes, como as já sobejamente mencionadas. Mas, como sempre acontece na vida diária, nem

tudo é um mar de rosas. Alguns problemas começam a aparecer, entre os quais:

- Elevação das temperaturas dos líquidos do processo industrial;
- Elevação da concentração de diversos íons, alguns sendo críticos, como o caso dos elementos não processuais já mencionados a vocês;
- Elevação do risco de precipitações de sais inorgânicos (CaCO_3 ; CaSO_4 ; BaSO_4) e sais orgânicos (oxalatos, etc.);
- Elevações do risco de precipitação e deposição de compostos orgânicos pegajosos ("pitch");
- Etc.

O que normalmente acontece é que as concentrações de contaminantes ao processo tendem a aumentar nos diversos fluxos de líquidos. Com concentrações elevadas, dependendo das condições de temperatura, pressão, pH, etc., alguns desses componentes do lixo químico podem-se precipitar como cristais ou como complexos químicos na forma amorfa. A elevação da temperatura também aumenta a mobilidade dos coloides dissolvidos e reduz a tensão superficial das fases líquidas. Isso colabora para a formação de espumas e para a deposição de substâncias grudentas e pegajosas, tanto em filmes como em depósitos amorfos. Existem muitas formas de tratamentos internos para reduzir esses riscos. Esses tratamentos dependem de um eficiente monitoramento desse lixo coloidal, lixo químico, ou simplesmente "trash". Em geral, esse acúmulo de lixo químico é sentido pela formação de sujeiras nos equipamentos, aumento da corrosão, formação de espumas sujas e de filmes depositados nas instalações do processo. Suja-se o processo e sujam-se também os produtos, que ficam com contaminações que depreciam os mesmos nos mercados.

Dispondo de um eficiente sistema de recuperação de perdas, o técnico pode realizar suas operações de limpezas, conseguindo assim uma adequada gestão das águas sujas resultantes dos "boiling outs" (lavagens químicas dos processos).

Muitas vezes, quando a concentração dos poluentes sobe a valores críticos, há necessidade de se purgar o sistema. Essas purgas de líquidos ricos em algum tipo de poluente podem ser enviadas para a ETE ou para um tratamento setorial do tipo "rim". Muitos tipos de sistemas "rim" ou "kidney" podem hoje ser encontrados para remoção de coloides orgânicos, extrativos e resinas, elementos não processuais, etc.

O fechamento de circuitos não pode ser entendido apenas como o aproveitamento de águas que estejam sobrando ou sendo purgadas ou retiradas de um sistema. Se o técnico acreditar que isso basta, ele estará, muitas vezes, transferindo águas e também problemas novos. Fechar circuitos é resolver os problemas onde eles estão sendo originados, exatamente no ponto onde uma água está sendo perdida. Se houver chance de reduzir essa perda, começamos já na origem a marcar um gol técnico. Não basta apenas buscar usos para águas purgadas como águas de selagem, águas de refrigeração, etc. Isso é bom, mas deve ser precedido pela avaliação em cada uma dessas águas para saber se há oportunidades para reduzir suas necessidades e sobras. Os balanços mássicos são vitais para esse entendimento - a maioria das pessoas tem certa acomodação para fazer um balanço de materiais, mas sem ele, ficaríamos rodando às cegas e não encontraríamos o problema na sua origem.

Quanto menores forem as perdas de águas contaminadas que uma área conseguir, sem lançar como efluente ou sem repassar para outra área, mais fácil será o aproveitamento de águas servidas, nessa e em áreas correlatas que buscam novas utilizações para águas. Vejam um exemplo fácil de entender: quanto maior for a consistência de transferência de uma massa branqueada da unidade de branqueamento para o setor de máquina de formação de folhas, menos água contaminada com resíduos do branqueamento vai sobrar na área de formar e secar a folha de celulose.

Outros exemplos do processo industrial que podem ser trabalhados e que mostram enormes potenciais de ganho são os seguintes:

- Redução de perdas de licores e condensados ricos em concentração orgânica, em função de desbalanceamentos mássicos, operações inadequadas, paradas emergenciais, falta de tanques-pulmão, manutenção ineficiente de equipamentos, etc.
- Melhoria na lavagem de todos os produtos intermediários, para minimizar o arraste de compostos químicos de uma área para outra do processo. Isso é válido para polpas, "dregs" e "grits", lama de cal, etc. Em geral, consegue-se isso tanto pela otimização dos equipamentos como pela qualidade das águas de lavagem.
- Minimização das perdas de rendimento em operações como: descascamento das toras, picagem da madeira, cozimento kraft, branqueamento, lavagem da lama de cal, evaporação do licor preto, etc. Todas essas operações afetam a disponibilização de carga orgânica nas águas de processo e impactam nos balanços de águas e efluentes.
- Redução ou eliminação do envio de águas do pátio de madeira para a ETE, promovendo uso das mesmas na própria área. Essas águas são ricas em extrativos, toxicidade, nutrientes, DQO, etc.

- Aumento do teor de sólidos secos de todos os resíduos sólidos e das biomassas combustíveis (cascas de árvores, cavacos de madeira, etc.).
- Reutilização de águas de lavagem de gases. (Exemplo: a lavagem de gases ricos em SOx pode gerar um líquido para absorver gases contendo cloro ou dióxido de cloro no branqueamento ou planta química).
- Troca de águas limpas por águas recuperadas e até mesmo por efluentes setoriais, condensados, filtrados ou efluente tratado. Por exemplo: a lavagem das toras pode ser feita com efluente tratado, seja a nível secundário ou terciário.
- Uso de águas recuperadas para preparação de produtos químicos: licor verde, licor branco, soluções químicas para o branqueamento, correções e ajustes de consistência, etc.
- Etc., etc.

Enfim amigos, essas são algumas poucas oportunidades dentre as milhares que existem à disposição de nossos técnicos e gestores para avaliação técnica, social, econômica e ambiental. Entretanto, lembrem-se, nunca olhem o problema apenas como se ele existisse apenas em sua área. Qualquer coisa que vocês venham a realizar de mudanças em suas áreas pode ter impacto em outras áreas afins, podendo ocorrer uma transferência de um problema aqui para outro ali. Nossas fábricas são redes complexas e interligadas de forma múltipla. Nunca se esqueçam disso, por favor.



A beleza da sempre viva Riocell e seu magnífico sistema de tratar efluentes
Fábrica atual: CMPC - Celulose Riograndense

O sonho de todo consultor em ecoeficiência e em fábricas de ciclo fechado seria a eliminação da entrada de águas frescas ao processo, ou seja, a eliminação da captação de água dos rios.

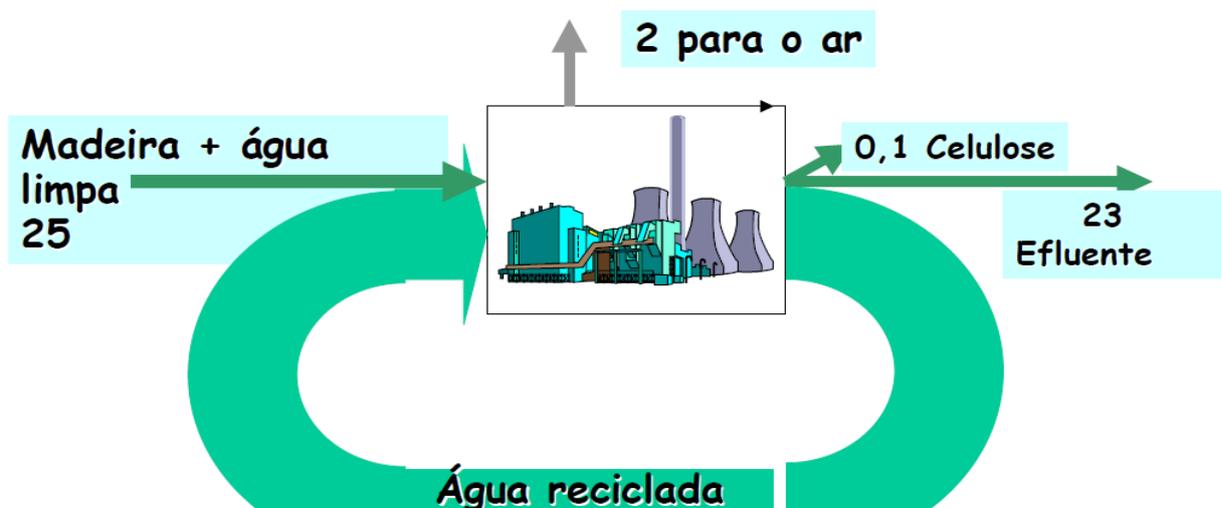


Rios e águas – cada vez maiores os conflitos pelo uso de suas águas

Uma forma de expressar esse sonho de quase eliminação de água captada pode ser apresentada em dois fluxogramas a seguir mostrados. Um deles representa uma situação de uma fábrica "best-in-class" otimizada e que ocorre nos dias atuais. O outro mostra uma situação ideal e imaginada como possível de ocorrer em um futuro de data ainda incerta.

Situação 01: Condição atualmente praticada por fábrica melhor da classe em consumo de água

Base: 1 adt polpa



Situação 02: Condição hipotética e futura para fábrica de celulose kraft branqueada de "ciclo completamente fechado" (Vejam que ainda assim algum efluente ocorrerá)

Base: 1 adt polpa



Para que essa mudança de patamar tecnológico venha a ocorrer teremos que trabalhar intensamente em praticamente todos os setores da área industrial de uma fábrica de celulose kraft, inclusive nas áreas administrativas e de uso pessoal dos funcionários. Evidentemente, não vou ocupar o tempo de leitura de vocês com sugestões do tipo "housekeeping", mas elas deverão ser parte da cultura de todos na empresa do futuro, aquela com ciclo quase que totalmente fechado.

Onde poderíamos então a partir de agora trabalhar de forma criativa para se caminhar no sentido da fábrica de ciclo fechado?

Vou colocar algumas sugestões e comentários em áreas selecionados do processo de fabricação de celulose, espero não estar projetando um futuro por demais desafiador. Cada fábrica terá suas limitações e oportunidades mais fáceis ou mais difíceis de serem implantadas, mas sempre é tempo de ser fazer algo.

1. Área de recebimento e preparação da madeira



Quanto mais úmida vier a madeira para a fábrica, mais água traremos para o processo através dessa fonte florestal. Essas quantidades não são pequenas. Se nossa madeira tiver 45% de umidade, ela traz ao processo cerca de 1,45 m³ de água/adt de celulose. Se a umidade passar para 55%, então a água trazida para a fábrica será de 2,2 m³/adt. Isso significa que usar madeira mais verde é uma vantagem para o consumo de água e para o próprio cozimento da madeira, que é facilitado. Todos os técnicos sabem bem disso.

Outra possibilidade é se molhar os cavacos com uma água residuária intermediária, por exemplo, um condensado alcalino da evaporação, ajudando com isso a utilizar uma água que viraria efluente. Ao invés de mandá-lo como efluente, irrigamos a pilha de cavacos com ele. A madeira sempre tem uma acidez que consome álcali ativo para ser neutralizada. O uso de um condensado alcalino para molhar a pilha de cavacos tem quatro finalidades: agrega água ao processo, reduz a geração de efluentes, facilita o cozimento e consome parte de acidez natural da madeira. É possível que consigamos aproveitar algo como 0,5 m³/adt desse condensado sujo da área de evaporação do licor preto. Com isso, se a umidade da madeira era originalmente 45%, poderemos aumentar essa umidade para cerca de 52% através da reincorporação de um líquido com muito benefício ao cozimento subsequente. O inconveniente poderá ser a geração de odor e a liberação de gases que precisam ser monitorados ao redor da pilha de cavacos.

2. Área de descascamento e lavagem das toras

Há sempre muitas perdas de água nessa área, tanto por evaporação como pela água suja desperdiçada. Essa área chega a utilizar entre 0,6 a 1,5 m³/adt de água e gera cerca de 0,8 a 1,0 m³/adt de efluente. Poderíamos reduzir isso a perdas mínimas, só da água evaporada e da água que acompanha as toras aos picadores. Para essa área, podemos facilmente fechar o circuito, reusar a água desse processo após sua limpeza (filtração ou decantação). Bastaria se completar o "make-up" com as perdas aceitáveis de cerca de 0,5 m³/adt. Tampouco seria necessário o uso de água industrial para esse "make-up". Pode ser água recuperada de outro setor da fábrica, como um condensado da evaporação ou um filtrado do branqueamento. Pode até mesmo ser efluente tratado a nível secundário, por exemplo. Se nossos efluentes são tão bons, porque não usar os mesmos para lavar nossas matérias-primas fibrosas na forma de toras de troncos de árvores?

A eliminação do efluente dessa área fabril é muito recomendável. Ao invés de se enviar esse efluente para tratamento na ETE, poder-se-ia dispor de um "wetland" cativo, usado apenas para purificar esse efluente para reuso posterior nessa mesma área (tratamento tipo "rim"). Como as águas de lavagem das toras e das cascas possuem alguns extrativos da árvore que são problemáticos ao metabolismo de peixes e de microrganismos, esse tratamento natural em separado eliminaria esse problema. É absolutamente natural que as árvores contenham extrativos tóxicos em sua casca e madeira, até mesmo para que elas se defendam de predadores (cupins, roedores, insetos, fungos, etc.). Cabe a nós impedir que esses compostos tóxicos venham a causar danos em outros organismos do ecossistema. Uma gestão inteligente pode facilmente eliminar esse tipo de situação e melhorar a sustentabilidade das operações.



Tratamento de águas em "wetland" com plantas flutuantes

3. Área da ETA – Estação de Tratamento de Água

Por incrível que possa parecer, há muito desperdício de água em estações que tratam água. Falo das águas residuais da retro-lavagem dos filtros de areia e das águas com os lodos diluídos que em muitas fábricas são enviados ao tratamento de efluentes. Essas águas representam cerca de 1 m³/adt, mas que poderiam ser quase que totalmente recuperadas. Com um processo de filtração e prensagem dos lodos e outro de centrifugação das águas de lavagem dos filtros de areia, recolhemos grande parte da água que é perdida como efluente. Essa água recuperada pode de novo ser enviada para nova passagem pela ETA, misturada com a água captada. Ganharemos certamente algo como 0,8 m³/adt, tanto em economia de água captada, como em menor geração de efluentes. Fácil de fazer e com grandes ganhos ambientais e econômicos.

4. Área de linha de fibras- Setor polpa marrom não-branqueada



O consumo de águas por esse setor chega a atingir 4 a 5 m³/adt, mas em sua quase totalidade são águas recuperadas (filtrados, condensados, etc.). A geração de efluentes é baixa e existem poucas razões para que esse setor tenha uma saída para efluentes. Em geral, atinge-se um fluxo de cerca de 1 m³/adt para efluentes dessa área, quase sempre contaminados com licor, soda cáustica e forte odor. O ideal seria fechar as comportas e evitar que essa área de polpa marrom gere efluente. Os líquidos perdidos podem retornar ao digestor e na pior das hipóteses para a evaporação. A DQO que carrega acabará enriquecendo a caldeira de recuperação com um pouquinho

de energia e sua soda cáustica e sulfeto de sódio poderão ser aproveitados também.

5. [Área de branqueamento da celulose](#)



É a área de maior impacto hídrico, como vocês já sabem. Isso ocorre tanto para fluxos de efluentes, como para cargas poluentes de DQO, DBO e AOX. Um branqueamento típico do setor de celulose kraft branqueada de eucalipto consome algo como 4 a 6 m³/adt de água tratada e outros 6 a 10 m³/adt de água branca originada da máquina de formar e secar a folha de celulose. O efluente gerado pela linha de branqueamento costuma estar entre 10 a 12 m³/adt, mas existem instalações com valores bem maiores. Isso depende muito da consistência de trabalho e dos teores de sólidos com que a polpa marrom é recebida e com que a polpa branca é enviada para o setor máquina de formar folhas.

Pelo fato de ser o efluente mais volumoso e o de maior carga em DQO nas fábricas modernas, sobre esse efluente estão focadas muitas pressões

ambientalistas e as pesquisas realizadas pelos cientistas do setor. Existem inúmeras proposições para fechamento de circuitos nessa área e para tornar as sequencias mais próximas às tecnologias com baixa aplicação de dióxido de cloro total. Isso só não ocorre com maior intensidade porque esse efluente é o grande purificador das águas do sistema fabril, por onde saem os problemáticos NPE's ou Elementos Não Processuais. Tanto o efluente ácido como o efluente alcalino do branqueamento carregam concentrações significativas e purgam parte importante dos elementos não processuais como cloreto, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, etc. O efluente ácido é o mais importante nesse particular, já que as fibras possuem caráter ácido e seguram os cátions não processuais como se fossem resinas de troca iônica. Quando em contato com o ácido dos estágios do branqueamento, ocorrem trocas iônicas entre as fibras que recebem o íon H^+ e liberam os cátions adsorvidos, que saem pelo efluente. Nos estágios alcalinos do branqueamento são removidas enormes quantidades de íon cloreto, também em uma espécie de purificação importantíssima ao sistema.

Fechar o circuito do branqueamento vai exigir outras rotas de escape para os elementos não processuais. Isso é válido tanto para os branqueamentos ECF como TCF, pois em todos os casos temos acúmulos dos elementos minerais que adentram na fábrica com a madeira, reagentes químicos, etc.

Tanto o efluente alcalino, como o efluente ácido do branqueamento podem ser parcialmente recuperados. O destino mais interessante do efluente ácido é para fazer a lixiviação parcial de elementos não processuais quando ainda estão nos cavacos de madeira ("leaching dos cavacos"). Os efluentes ácidos são muito eficientes nesse tipo de atuação, tudo vai depender do íntimo contato do ácido com a madeira.

Já o efluente alcalino do branqueamento tem potencial ainda maior para ser "fechado" no sistema de fabricação. Uma fração dele já vem sendo aproveitada na lavagem de polpas, preparação de soluções de branqueamento e de licores alcalinos no setor da caustificação. Também a recuperação de seu calor vem sendo adotada em diversas instalações industriais. A maior ou menor reutilização desse efluente vai depender de quanto ele possuir em termos de concentrações de elementos não processuais.

Existem diversas propostas para a redução dos volumes de efluentes do branqueamento da celulose. Isso tem acontecido ao mesmo tempo em que se desenvolvem mecanismos eficientes para remoção dos NPE's, seja

dos próprios efluentes do branqueamento, seja das cinzas da caldeira de recuperação (onde costumam se acumular). Em geral, quando se fala em tratar efluentes do branqueamento em sistemas tipo "kidney", estamos já encontrando empresas testando membranas ou evaporando parte do efluente alcalino do branqueamento. São as duas tecnologias mais promissoras, permitindo recuperação entre 20 a 50% desse efluente. A água recuperada é de excelente qualidade para os dois casos.

A filtração por membranas (nanofiltração ou ultrafiltração) separa duas fases distintas: uma de água praticamente limpa para retornar ao processo; outra contaminada com NPE's, organoclorados e material orgânico dissolvido. Essa fração suja deve ser encaminhada para a ETE como um efluente setorial mais concentrado, mas levando exatamente a poluição que levava antes. Se a concentração de material orgânico for muito alta, esse efluente pode até mesmo sofrer um pré-tratamento anaeróbico, o que reduziria as suas exigências na ETE.



Evaporar o efluente do branqueamento tem sido uma outra proposta viável em função dos excelentes fatores de economia das modernas instalações de evaporação. Com uma tonelada de vapor vivo está-se conseguindo evaporar aproximadamente 6 toneladas de água, fruto dos avanços tecnológicos nesse setor. A evaporação pode ser implantada na forma de um pré-evaporador de múltiplos efeitos para obter altas quantidades de um condensado bastante limpo, excelente água para ser reusada. O líquido concentrado pode ser enviado para queima, seja na caldeira de recuperação ou de biomassa. Deve-se ter atenção que esses concentrados são ricos em cloretos e podem trazer problemas de incrustações, depósitos e até mesmo de aumento da geração de ácido clorídrico e dioxinas & furanos nos gases de exaustão da combustão.

Recuperam-se assim desses efluentes não apenas água, mas também calor, material orgânico combustível e soda cáustica (se for o caso). Com

essa tecnologia acredita-se que se poderá reduzir o efluente do branqueamento a cerca de 5 m³/adt (ou menos que isso).

O efluente alcalino é mais fácil de ser evaporado, menos corrosivo e mais compatível ao processo kraft. A água recuperada pela evaporação pode ser usada na lavagem da polpa, até mesmo nos estágios iniciais do branqueamento. Já o concentrado da evaporação não tem tido ainda uma destinação específica dentro do próprio sistema kraft, a ideia está em buscar utilizações fora desse sistema fechado que é o kraft. As pesquisas estão ocorrendo rapidamente, acreditamos que as coisas se resolverão em breve. Afinal, potássio, magnésio, cálcio e outros NPE's são originados das madeiras e a floresta tem sido encarada como uma alternativa para receber esses nutrientes de volta. Resta remover os cloretos, que são problemáticos aos solos e plantas.

Outra vantagem desse reaproveitamento dos efluentes alcalinos e ácidos do branqueamento está em manter uma fração importante dos organoclorados e da matéria orgânica dissolvida das fibras no branqueamento fora do efluente geral a ser tratado.

As perdas de material orgânico no branqueamento são elevadas. São comuns rendimentos de branqueamento entre 95 a 96%, o que significa que entre 4 a 5% do peso das fibras são perdidos por dissolução e também na forma de perdas de fibrilas, finos, etc. A etapa que representa maior perda de peso é o pré-branqueamento, denominação dada aos dois estágios iniciais, um ácido e o outro alcalino. A perda de DQO nessa etapa está entre 15 a 30 kg/adt. Já nos estágios finais de elevação da alvura até 90 a 92% ISO, as perdas de material orgânico estão entre 5 a 10 kg/adt. Tudo vai depender das condições processuais como: número kappa da polpa, temperaturas e cargas químicas aplicadas, perdas de fibras, etc.

Existem alternativas para a gestão dos efluentes do branqueamento, muitas baseadas em mais eficientes sistemas de prensas lavadoras, para minimizar o envio de filtrados do branqueamento para a máquina de formar e secar as folhas de celulose. Sobraria assim menos água como filtrados a recuperar de volta pela área do branqueamento. Esses filtrados teriam uso diretamente no setor de branqueamento, todo trabalhando em maiores consistências, como já vem acontecendo desde que as modernas prensas lavadoras foram implementadas há alguns anos atrás.

Finalmente, uma alternativa que não agrada muito aos fabricantes de celulose de mercado e também os de papel seria a redução dos níveis de especificação de alvura da polpa. Hoje, as unidades de branqueamento

trabalham para alvuras em celulose branqueada de eucalipto na ordem de 90 a 92% ISO, o que sobrecarrega a unidade em demandas químicas e por águas de lavagem. Uma ligeira redução nessas especificações, algo como 2 pontos percentuais a menos, teria notável influência tanto no consumo de químicos como em águas de lavagem. Acredito que isso deverá acontecer em futuro, ou mais ou menos distante, a menos que encontremos outras rotas tecnológicas para branquear e purificar as celuloses.

O total de efluentes para o setor de branqueamento pode atingir hoje entre 10 a 12 m³/adt. Em uma fábrica "best-in-class" isso ainda corresponderia a 40 a 50% do fluxo unitário total de efluentes. Entretanto, valores de 10 m³/adt (ou algo menores que 10) ainda são raros no mundo celulósico-papeleiro.

Outro fato que não pode ser esquecido de maneira alguma é o potencial de perda de fibras e finos pelo efluente mais volumoso da fábrica kraft. Todos efluentes que passam por filtros e prensas lavadoras podem levar junto com a água residual certa quantidade de fibras, fibrilas e finos de celulose. Isso apareceria na forma de DQO de sólidos suspensos e não de material orgânico dissolvido. Desenvolver meios de reter essas fibras é vital para impedir se perder dinheiro e ainda mais, ter que se tratar essas fibras como poluição. Com a filtração dessas fibras produzimos um efluente praticamente isento de sólidos suspensos, não necessitando de decantação primária alguma. Pode ir diretamente para o tratamento secundário desde que sua temperatura esteja adequada para isso, ou para trocadores de calor, caso precise de abaixamento de temperatura. Ganhamos com isso não apenas mais fibras para vender, mas uma redução significativa nos custos de capital para a construção dos decantadores primários.

6. Área da máquina de formar e secar folhas de celulose



Essa área é grande consumidora de água, tanto na forma de água limpa (quente ou fria), como de vapor de aquecimento dos secadores. Até hoje não consigo entender porque sobra tanta água para ser lançada no efluente nessa área: entre 1 a 2 m³/adt. Em geral, o efluente da área da máquina de secar celulose é limpo, a água é clara, pouco contaminada, com seu pH cada vez mais próximo da neutralidade. Esse efluente tem potencial para ser quase que totalmente recuperado para o processo. Bastaria se separar a única água mais suja do setor, que são os drenos da depuração hidrociclônica da polpa branqueada. Em geral, esse rejeito é rico em fibras, areia, "pitch", "shives" e partículas de ferro, carvão, etc. O restante da água é de boa qualidade. As eventuais contaminações com fibras de feltro da máquina poderiam ser facilmente separadas por uso de filtros. Outra alternativa seria o envio desse efluente para ser de novo tratado na ETA – Estação de Tratamento de Águas. Afinal, ele é mais limpo do que a água de muitos rios onde se capta a água bruta.

7. Área da evaporação do licor preto

Apesar da quantidade de condensados ser elevadíssima em uma moderna instalação de evaporação do licor preto, o consumo de água pelo setor não é elevado. Geram-se entre 7 a 9 m³/adt de condensados com variados níveis de contaminação. Geram-se entre 0,5 a 1 m³/adt de efluentes. Onde está a mágica para que desapareçam tantos metros cúbicos de condensados? Exatamente na recuperação dos mesmos. A maior parte dos condensados é suficientemente limpa para ser redirecionada ao processo para: lavar a polpa não-branqueada; lavar a lama de cal; lavar gases; diluir a preparar os licores verde e branco; etc.

Do total de condensados gerados no setor, apenas 1 a 1,5 m³/adt correspondem a condensados muito contaminados, sujos e ricos em metanol e outros GNCC - Gases Não Condensáveis Concentrados. É frequente também o arraste de gotículas de licor preto que sujam e agregam DQO aos condensados. Os condensados sujos são muito eficientemente purificados por colunas de destilação conhecidas como "strippers" de condensados. Com isso, a fração contaminante altamente orgânica é retirada e queimada nas caldeiras de força ou de recuperação ou no forno de cal. O condensado resultante, que teve mais de 95% de sua DQO removida pelo seu "rim de stripping", pode ser usado em diversas partes do sistema de recuperação ou de polpa marrom. Uma beleza o que se conseguiu nesse setor em pouco mais de duas décadas. No passado, a evaporação era uma área problemática

e geradora de efluentes sujos e de altos fluxos. Hoje, são áreas com excelentes conceitos de ecoeficiência e que poderão ter seus ciclos de águas fechados ainda mais, é só uma questão de tempo, tecnologias e determinação.

Outra excepcional vocação dessa área é a de atuar também como rim para evaporar efluentes contaminados. Em caso dela ter capacidade para isso, pode perfeitamente receber para evaporar algumas perdas de efluentes sujos, como os derrames de licores que eventualmente ocorrem nas fábricas e são captados pelos sistemas de recuperação de perdas. Também as águas de lavagem da própria evaporação, do digestor e mesmo da caldeira de recuperação podem ter esse destino: evaporação e reincorporação ao processo.

Por isso tudo que são muito importantes as diversas instalações de recuperação de perdas implantadas ao longo de toda a fábrica. O sistema de coleta e controle de perdas ("spills") deve ter uma filosofia conceitual de segregação, reuso e reciclagem. A evaporação pode ou deve ser parte integrante desse sistema de recuperar perdas de líquidos contaminados nas fábricas de celulose.



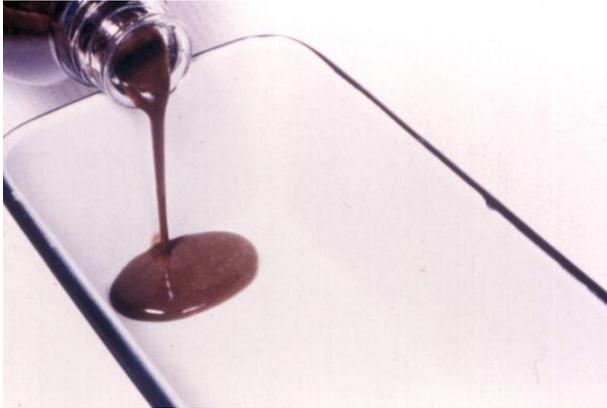
8. Área da ETE – Estação de Tratamento de Efluentes



A área de tratar efluentes também gera seu próprio efluente, ao qual se deve tratar também. São águas de prensagem de lodos, lavagens de equipamentos e pisos, etc. Essa água suja e rica em material orgânico e sólidos suspensos não deve sob hipótese alguma ser perdida para o solo ou para os cursos d'água. Deve ser reprocessada e devolvida aos rios como efluente tratado. Ou reciclada em alguma utilização interna para ela desenvolvida.

9. Área da tratamento e disposição de resíduos sólidos

Lodos, "dregs", "grits", cascas sujas, lama de cal, etc. são resíduos sólidos que em geral possuem altos teores de umidade. Ao serem reciclados ou aterrados eles levam sua água para fora da fábrica de forma irremediável, sem volta. Temos, portanto, que incentivar a especificação por umidade dos resíduos sólidos, para evitar o que vem acontecendo no presente, que é o descuido com relação a essa perda de água por parte da maioria das empresas. Com isso, podemos minimizar e estabilizar essa perda de água. Apesar dela não ser grande (entre 0,1 a 0,2 m³/adt), são desperdícios que custam tanto como água, como também na logística de manuseio e transporte de resíduos que se tornam mais pesados pelo simples fato de estarem muito úmidos.



10. [Águas de selagem](#)

O volume de águas de selagem é enorme em nossas fábricas de celulose. A rede de água de selagem corresponde a um grande consumo de água, em geral muito limpa e que não mereceria o destino que tem tido: o efluente bruto. Uma substancial parte dessa água, que atinge entre 2 a 2,5 m³/adt, já está sendo recuperada em muitas fábricas mais ecoeficientes. Entretanto, ainda há muito espaço para novas recuperações em praticamente todas as unidades industriais, seja do setor de celulose e papel, ou outras indústrias onde se usam bombas com selagem por água limpa.

11. [Compressores de ar](#)

O volume de águas desperdiçadas pelos compressores pode ser muito variado, especialmente em função da idade tecnológica dos compressores. O consumo de ar comprimido nas fábricas é muito grande devido aos elevados índices de automação e requisitos por esse insumo em unidades pneumáticas. As águas residuárias dos compressores são relativamente limpas, da mesma forma que são as águas de unidades hidráulicas, caixas de vácuo, etc. Todas podem merecer um novo destino: recuperação, tratamento e reuso nessa ou em outras finalidades na fábrica.

12. [Caldeiras de recuperação e de força](#)

As caldeiras consistem em áreas relativamente fechadas, com geração somada de 0,5 a 1 m³/adt de efluentes. O maior dos desperdícios nas

caldeiras é o envio para efluentes das águas de purga do sistema de vapor das mesmas.

13. [Torres de refrigeração](#)



São algumas das maiores desperdiçadoras de águas boas da fábrica, pois jogam como neblina cerca de 2 a 5 m³/adt. Uma enormidade, vista por todos e sem que se faça muito para resolver a perda. Parece até normal que isso aconteça! O uso de trocadores de calor indiretos ou o uso de "demisters" para recolher as gotículas de neblina das torres são formas de minimizar essas enormes perdas de água. Veja-se que só nesse item, quase 10% da água captada se perde como neblina para a atmosfera. Isso acontece porque as fábricas de celulose produzem muita água quente, em excedente às suas necessidades. Sem o resfriamento dessa água, o sistema todo se tornaria excessivamente quente. É comum uma fábrica ter que resfriar entre 100 a 300 m³/adt, tornando-a água morna, mais aceitável para o processo. Os fluxos específicos ao dia são tão elevados porque a mesma água é refrigerada diversas vezes no mesmo dia. Como as torres de refrigeração podem perder até 2% (às vezes até mais) da água que circula por ela, torna-se fácil entender as razões desse desperdício. Muito mais adequados seriam: torres de refrigeração com condensadores de neblina ou trocadores de calor de placas para trocas indiretas.

As torres de refrigeração que lançam neblinas de águas e de efluentes na atmosfera são uma das maiores ingenuidades técnicas usadas no setor. Imaginem que essas torres estão diariamente lançando água e efluentes para a atmosfera, sem nenhum remorso. O caso pior é o de neblinas de efluentes bruto, que contaminam o ar com água suja e rica em odor e compostos problemáticos, até mesmo tóxicos, corrosivos e agressivos aos ecossistemas.

No caso de sistemas para redução da temperatura de efluentes recomendamos os trocadores indiretos de calor de placas, com uso de água limpa para as trocas. Essa água quente pode, ela sim, passar por torres de refrigeração com condensadores de neblina para que a água se resfrie e possa de novo voltar ao papel de recebedora de calor dos efluentes.

É muito comum ainda a sobra de água quente em fábricas de celulose e papel. Essas sobras de águas de muito boa qualidade acabam indo para o efluente: água de excelente qualidade sendo desperdiçada apenas porque está quente e em excesso. Sem nenhum problema poderiam voltar para a captação de água e passar de novo pela ETA para novo tratamento, até mesmo para se resfriarem de novo. Aquela lagoa de estabilização de fluxos e de reserva de águas recuperadas que gosto de ter como alternativa tecnológica também estaria pronta para receber essas águas.

A engenharia das fábricas mais modernas está tentando segregar melhor as águas por temperaturas: águas frias, águas mornas e águas quentes. Com adequadas tancagens e sistemas dedicados à melhoria da qualidade de cada tipo, pode-se reduzir as perdas de água nesses sistemas. O objetivo é a produção de cada um desses tipos de águas a nível "estequiométrico", ou seja, só produzir o que for realmente necessário ao processo. Com essa filosofia, não apenas a eficiência do consumo de água melhora, como também melhora a ecoeficiência da fábrica toda.

14. [Desmineralização de água](#)

O sistema baseado em resinas de troca iônica gradualmente perde espaço para o de osmose reversa. Isso porque as resinas possuem impacto ambiental grande. Geram dois efluentes carregados, um muito ácido e outro muito alcalino. São resultantes das regenerações das resinas. Os fluxos específicos também são altos: cerca de 1 m³/adt. Recomenda-se hoje mais a tecnologia de osmose reversa para se desmineralizar águas para as caldeiras. O concentrado desse processo pode ser encaminhado para nova passagem pela estação de tratamento de água, substituindo água captada e não virando efluente.

15. [Áreas menores em consumo de água e geração de efluentes](#)

Existem ainda outras fontes menores de geração de efluentes e de consumos de águas, tais como:

- Forno de cal e caustificação: 0,15 m³/adt
- Evaporação das lagoas, pátios, etc.: 0,6 a 1,2 m³/adt
- Planta química: 0,5 a 1,5 m³/adt

Para cada uma dessas áreas também devem existir oportunidades de melhoria, é só conversar com os processos e ver onde elas se encontram.



ESTRATEGIANDO AÇÕES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE



Novos caminhos a percorrer? Sozinhos ou como setor?

Não temos dúvidas algumas de que o setor de celulose e papel precisa reduzir ainda mais o seu consumo específico de água. Isso só poderá ser atingido com muito esforço, pesquisas e também pela quebra de conceitos tradicionais que até hoje permanecem arraigados no setor, levando ao desperdício de águas. Entretanto, não basta apenas se pressionar os operadores para que economizem água. É preciso estabelecer novos procedimentos e adotar novas tecnologias em muitos casos. Além disso, é preciso muita consciência e compromissos, coisas que são parte da cultura e da gestão empresarial.

Com o objetivo claro de se reduzir o consumo de águas em uma planta industrial de celulose branqueada de eucalipto, começo com a ousadia de lhes oferecer para leitura uma série de estratégias que considero vitais

para se alcançar isso. Essas estratégias não possuem um ordenamento sequencial muito lógico, tratam apenas de sugestões nas quais acredito muito e que podem ajudar na solução dessa problemática por aqueles que queiram de aperfeiçoar nela. Espero sinceramente que lhes ajudem a obter o necessário sucesso em suas fábricas ou pesquisas tecnológicas.

Ação estratégica 01: Fazer um diagnóstico eficiente e amplo

A primeira de todas as ações visando à redução do consumo de água é entender a situação atual. Esse diagnóstico envolve não apenas a situação operacional vigente, mas também um entendimento das tecnologias que a fábrica possui ou deveria possuir (vejam as recomendações de tecnologias BAT's apresentadas anteriormente).

O diagnóstico deve ser livre de pressões internas e completamente isento de preconceitos, ou seja, deve ser honesto, claro e técnico, independentemente se os dirigentes da empresa acreditem que a fábrica seja "a melhor do mundo", a mais sustentável, a mais amiga do meio ambiente, a mais certificada, etc. Todas as fábricas oferecem oportunidades de melhorias, quaisquer que sejam seus avanços tecnológicos: umas mais, outras menos.

O diagnóstico pode ser feito começando com uma conversa franca com a fábrica, com seus equipamentos, suas tecnologias, seus procedimentos, suas práticas operacionais, sua cultura, seus operadores, etc. É muito importante se conversar com os equipamentos e com as pessoas da fábrica.

Existem diversas questões que podem ser feitas para começar esse diálogo:

- A atividade produtiva que consome água é realmente necessária? Se sim, ela poderia ser realizada usando menos água? Onde estão seus desperdícios de água?
- Existem outras tecnologias de melhor performance para essa mesma atividade industrial? Como operam os concorrentes em relação a isso? Quais seriam as melhores práticas para ela?
- Seria possível mudar a qualidade da água consumida nessa atividade por algum tipo de água recuperada? Ou por algum efluente?
- Como outros setores deveriam estar operando para se reduzir a demanda de água nessa atividade específica?
- Existem medições confiáveis para monitorar o consumo de água nesse setor?

- Existem balanços de materiais que permitam identificar com relativa precisão os fluxos líquidos para essa atividade?
- Os efluentes produzidos por essa atividade poderiam ser reduzidos em fluxos e em contaminantes? Como?
- Seria possível ter um maior fechamento de circuito de água para essa atividade? Como?
- Quais seriam os impactos dessa redução e fechamento de circuito sobre a área em questão e sobre áreas afins relacionadas ao consumo de água e geração de efluentes?
- Quais os valores das perdas de contaminantes (na verdade insumos) e consumo em excesso de água pelo setor?
- Etc.

Ação estratégica 02: Identificar a qualidade de todas as águas e efluentes do processo industrial

A fábrica é constituída de setores que consomem água e geram efluentes. Alguns são grandes consumidores e geradores, outros nem tanto. Não importa, cabe a todos terem seus fluxos hídricos identificados, quantificados e qualificados.

Ação estratégica 03: Estabelecer balanços técnicos de materiais para as áreas

Esses balanços de materiais não precisam ser exaustivos e absolutamente exatos. Uma boa aproximação é melhor do que nada. Sabemos que em muitos casos não existem medições confiáveis, mas uma boa estimativa é melhor do que a desculpa que não existem números, então nada precisaria ser feito.

Nesses balanços podemos anotar:

- ✓ Fluxos em m³/h e em kg DQO/h;
- ✓ Fluxos em m³/adt e em kg DQO/adt;
- ✓ Temperaturas;
- ✓ pH's;
- ✓ Pontos exatos de liberação de efluentes;
- ✓ Localização de perdas ocultas (exemplo - transferência de águas devido a consistências inadequadas);
- ✓ Identificação de entradas e saídas de águas, efluentes, contaminantes, arrastes de insumos, etc.;
- ✓ Etc.

Podemos estabelecer balanços com diferentes níveis de unidades de controle, seja todo um setor, seja até mesmo um tanque que transborda constantemente. Com isso, fica fácil entender as causas para problemas frequentes de desperdício de águas nas nossas fábricas.

Ação estratégica 04: Fazer um adequado "benchmarking" das operações

Após completar os balanços de materiais, fica muito fácil comparar performances entre nossos resultados e os encontrados na literatura ou em estudos de "benchmarking", como aqueles realizados e publicados pelas entidades de classe (como a ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel). Também ficam evidenciadas as áreas que apresentam maiores potenciais de redução em uso de água.

Ação estratégica 05: Desenvolver sistemas para gestão operacional da área

Os operadores precisam ter evidências de seus consumos de água para tomada de decisões. Implementar sistemas de monitoramento e controle é algo vital, em especial para os setores grande consumidores. Para os pequenos, se não houver medições, pode-se trabalhar apenas a conscientização e a cultura.

A seguir, com águas e efluentes monitorados, especificados e controlados, fica mais fácil se desenhar as novas formas e procedimentos operacionais. As especificações devem ser criadas para consumo de água e geração de efluentes. Elas devem ser do tipo qualitativo e quantitativo.

Só assim se pode fazer gestão das águas. A filosofia muda quando se nota claramente a dimensão do problema, seu custo, seu impacto ambiental, etc. Fica assim mais fácil migrar para o conceito de reusar águas e controlar os efluentes em sua origem, não apenas no setor, mas no próprio equipamento onde está ocorrendo a perda.



Os efluentes começam a se contaminar em operações simples e ineficientes

Devemos estar muito atentos na gestão das águas para os casos típicos de “transferência de micos”. É o caso onde uma área tenta transferir uma água servida para outra área sem antes verificar qual seria sua capacidade em resolver o problema na própria área. No caso de transferências de águas servidas, deve-se avaliar muito bem o potencial de uso e todas as implicações dessa transferência, não apenas para a área que vai receber a água, mas também para outras áreas fabris interligadas a ela nos circuitos de águas e efluentes.

Ação estratégica 06: Avaliar as possibilidades de segregação de fluxos e melhoria da qualidade dos efluentes setoriais

O objetivo da segregação de águas é muito simples: evitar a contaminação de águas limpas e passíveis de recuperação com efluentes sujos e altamente contaminados. Por exemplo, quando se joga um condensado limpo de um cilindro secador no efluente estamos jogando uma água limpíssima que vai-se misturar a águas sujas e assim passará a ser a sua nova qualidade – água suja.

Segregar é um verbo muito mais importante do que o verbo dispor. Deve ser sempre conjugado pelos técnicos, engenheiros e operadores da fábrica. Segregar também deve ser conjugado associado ao verbo melhorar. Não basta apenas separar as águas boas das águas sujas, é também preciso melhorar o que está sujo e não totalmente bom. Por exemplo: a melhoria da

qualidade dos efluentes contaminados faz parte da estratégia global de gestão das águas.



Limpeza da água suja dos pátios de madeira e envio segregado da mesma para recuperação (um exemplo que mostra muito bem o que falamos nessa seção)

Ação estratégica 07: Encontrar rotas de fuga para os contaminantes problemáticos

Já mencionamos que existem compostos acumulativos nos sistemas e que causam problemas operacionais sérios quando as suas concentrações adquirem níveis críticos. Temos que descobrir os pontos em que eles estejam em concentrações altas e que possam ser então purgados ou eliminados por algum tratamento tipo "kidney". Os balanços materiais e a perfeita caracterização da qualidade das águas irão oferecer as alternativas de pontos de remoção desses contaminantes indesejáveis (coloides, elementos não processuais, etc.).

Ação estratégica 08: Reduzir o consumo de água exatamente nos pontos de uso desse insumo

A gestão eficiente das águas começa exatamente nos pontos de consumo da mesma. A primeira de todas as metas seria usar menos água e não encontrar usos para águas já servidas. Ou seja, é importante fechar as torneiras nas fontes. Em alguns casos, podemos inclusive fechar definitivamente a possibilidade de que algum efluente saia da área, através

de um lacre da saída de efluentes. Isso traz a consequência de que a área em questão deverá ter alternativas para reciclar em seu próprio sistema aquilo que ela descartaria como efluente. É algo drástico, mas viável em alguns casos de algumas áreas da fábrica. Entretanto, tal decisão deve ser acompanhada de investimentos no sistema de recuperação de perdas dessa área.

Ação estratégica 09: Usar ao máximo as águas recuperadas

Águas recuperadas e até mesmo efluentes tratados ou setoriais podem substituir águas limpas em inúmeras atividades industriais. Devemos sempre avaliar essas alternativas, proceder às alterações necessárias e monitorar os impactos positivos e negativos dessas mudanças. Quando requerido, fazer os ajustes e tentar manter e sustentar os ganhos conquistados.

Ação estratégica 10: Reciclar dentro da fábrica uma parte do efluente tratado

Tenho visto com frequência a expressão jubilosa de nossos técnicos e gestores dizendo que "a qualidade do efluente tratado é melhor do que a qualidade da água do rio". Se isso é assim mesmo, ainda que entendendo o problema da acumulação de cloretos, potássio, extrativos, etc., acredito que seja possível usar parte desse efluente em operações na fábrica ao invés de ser todo ele lançado ao rio. Ele poderia também ser em parte mesclado à água de alimentação da ETA - Estação de Tratamento de Águas, entrando como parte da água de alimentação na fábrica. Podemos também encontrar usos para efluentes não finais, como filtrados alcalinos do branqueamento para molhar cavacos, efluente do tratamento biológico para lavar toras de madeira, etc., etc.

Ação estratégica 11: Adequar ou implantar um eficiente sistema de recuperação de perdas

Um sistema de recuperação de perdas possui uma filosofia conceitual de segregação, reuso e reciclagem. Para que esse tipo de sistema de

recuperação seja eficaz, as fábricas precisam ser projetadas obedecendo conceitos de ecoeficiência, tais como:

- Coleta de derrames (“spills”) em concentrações as mais altas possíveis;
- Retorno ao processo dos derrames e purgas coletadas;
- Construção de bacias de contenção para isolar as áreas críticas do processo e reter cargas acidentalmente ou propositalmente geradas;
- Construção de tancagem capaz de reter perdas de processo até que se defina a sua destinação;
- Monitoramento da condutividade e pH em locais estratégicos para identificar os possíveis derrames ou perdas de líquidos contaminados;
- Construção de extensa rede de células, canaletas e comportas que permita segura operação do sistema tanto para reter perdas acidentais, como para facilitar e dar flexibilidade na gestão das águas e efluentes.

Além desses sistemas e equipamentos mencionados, eu acredito que deveríamos ter uma lagoa de água boa recuperável (inclusive para a água de chuva). Todas as águas que tivessem condições de recuperação posterior e não no próprio ato de sua coleta, poderiam ser enviadas para essa lagoa. Através da gestão ecoeficiente, o técnico poderia determinar o destino da água dessa lagoa, muitas vezes para a própria ETA ou estação de tratamento de águas. Com isso, poder-se-iam estabilizar fluxos e recuperar paulatina e seguramente essas águas. Afinal, se temos dinheiro e vontade para construção de uma imensa lagoa de emergência para reter efluentes contaminados, porque não construir também uma adequada lagoa para águas a serem recuperadas ao processo. Já é tempo de se pensar com mais atenção para as entradas de água e não apenas com as saídas.

Ação estratégica 12: Manter operações balanceadas

Áreas com gargalos operacionais e/ou sobrecarregadas em relação à sua capacidade são mais desperdiçadoras de águas e geram e contaminam mais seus efluentes. Uma operação bem balanceada e sem restrições operacionais é o sonho de todo operador de áreas. Com adequado controle dos fluxos e capacidades hidráulicas, temos todas as possibilidades de gastar menos água, menos energia e resultar em menores índices de poluição hídrica, aérea e até mesmo de resíduos sólidos. Os conhecidos e muitas vezes não identificados resíduos invisíveis desaparecem em operações

balanceadas. O mais comum desses resíduos invisíveis são os arrastes de produtos químicos de uma etapa para outra do processo ("carry-overs") por incapacidade de uma área de controlar os mesmos nas suas operações.

Ação estratégica 13: Desenvolver novas fontes de entrada de água nas fábricas

São entradas de águas que podem e devem ser consideradas e aproveitadas:

- Águas de chuvas: podem ser acumuladas a partir dos efluentes pluviais e utilizadas depois no abastecimento das ETA's: cerca de 0,4 a 0,8 m³/adt;
- Água de diluição dos químicos comprados (soda cáustica, peróxidos, antiespumantes): cerca de 0,1 m³/adt;
- Águas condensadas de neblinas de torres de refrigeração de águas quentes: cerca de 1,5 a 3,5 m³/adt;
- Águas da umidade dos gases de combustão: mais difícil de ser conseguida em função dos contaminantes atuais (cinzas, carbono não queimado, etc.), mas deve ser algo a ser trabalhado muito em breve.

Ação estratégica 14: Colaborar com as autoridades para a definição das restrições legais para a fábrica

Negociar clara e transparentemente com os órgãos de controle e legisladores de poluição para que os controles sejam feitos por carga (kg de poluente por dia) e não apenas por concentrações, como costuma acontecer em alguns casos. A legislação dos parâmetros por concentração favorece o uso de maior quantidade de água nas fábricas e não incentiva o fechamento dos circuitos. Apenas em situações mais específicas, onde concentrações forem requeridas devido à fragilidade dos ecossistemas, é que isso poderia assim ser controlado.

Ação estratégica 15: Definir novas alternativas processuais em termos de procedimentos e tecnologias

Quando novas tecnologias e novos procedimentos forem identificados como necessários, eles demandarão estudos de viabilidade técnica e econômica, bem como ensaios preliminares e posteriormente, adequados processos de implementação, treinamento de pessoas e monitoramento dos ganhos auferidos.

A avaliação econômica, ambiental e social de cada melhoria deve ser obrigatoriamente feita, conforme rezam as recomendações da ecoeficiência. Lembre-se que novas tecnologias não são por si só a solução de seus males e desgraças. Elas são importantes, mas mesmo as fábricas estado-da-arte podem ser grandes consumidoras de água e terem altos níveis de emissões de efluentes e de poluentes.

As alternativas para redução do consumo de água e de geração de efluentes costumam ser específicas a cada planta industrial e não podem ser generalizadas. Às vezes, uma nova tecnologia ou um procedimento têm sucesso em uma fábrica e podem ser um fracasso em outra.

Quando um ganho é comprovado pela adoção de um novo procedimento ou tecnologia, é essencial que esse ganho seja mantido e ainda mais otimizado. As avaliações dos custos operacionais e do "pay-back" devem complementar todo estudo de viabilidade técnica e operacional, seja no estudo de águas e efluentes ou de qualquer outra melhoria na fábrica.

A gestão das águas deve focar principalmente a redução da captação de água e não a redução de geração de efluentes. Apesar de haver forte correspondência entre uma coisa e outra, a filosofia vital seria a de reduzir as entradas e não somente as saídas. Tudo é uma questão de foco conceitual.

Ação estratégica 16: Buscar novas rotas tecnológicas

Existe muita coisa sendo pesquisada a nível mundial para se oferecer novas rotas tecnológicas ao processo kraft de fabricação de celulose. Esse "calcanhar de Aquiles" que vem sendo o consumo de água por esse tipo de industrialização vem sendo pouco a pouco resolvido.

Hoje, as tendências tecnológicas se concentram em:

- Fabricação com mínimo impacto ambiental;
- Tecnologias com menor uso de águas;

- Recuperação de filtrados do branqueamento (forte ênfase nisso);
- Operações em circuitos fechados;
- Operações bem balanceadas e com mínimos gargalos;
- Altíssimas eficiências operacionais;
- Desenvolvimento de sistemas eficientes de limpeza química e biológica do processo;
- Eliminação ou modificação de compostos problemáticos e cumulativos nos processos industriais;
- Melhoria na eficiência energética das fábricas;
- Utilização de tratamentos alternativos para águas e efluentes internos do processo (tratamentos tipo "rim" ou "kidney");
- Etc.

Outras rotas tecnológicas mais drásticas poderão vir a acontecer, dentre as quais já mencionamos as duas principais:

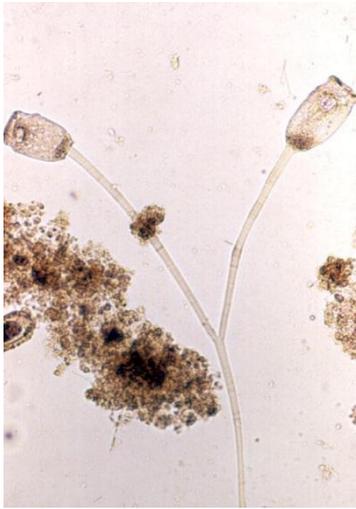
- Mudança no conceito de tecnologias de baixa e média consistência para consistências mais altas, inclusive para processos a base seca;
- Redução nas especificações de alvura e limpeza das celuloses de mercado, para permitir ações de melhorias ambientais mais significativas na área do branqueamento, principal área a usar água e a gerar poluentes na fábrica de celulose.

Ação estratégica 17: Implementar amplos programas de monitoramento das águas



Monitorar ecossistemas é essencial

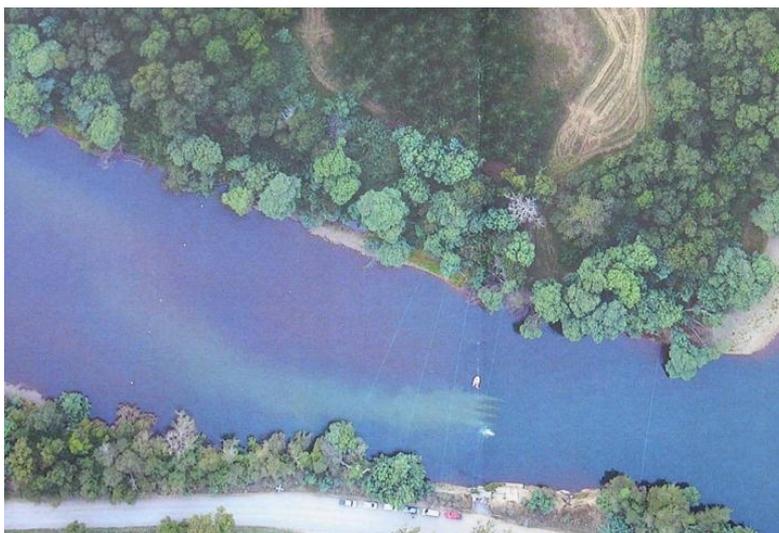
Esse monitoramento deve ser feito tanto a nível interno como externo às fábricas, avaliando os impactos das águas e efluentes nos ecossistemas locais. Devem envolver avaliações físicas, químicas e ecotoxicológicas, tanto para efluentes, águas, sedimentos e lodos.



Bioensaios fazem parte do monitoramento de efeitos ambientais



Ponto de lançamento de efluente industrial através de difusor especialmente desenhado para eficiente e rápida mistura



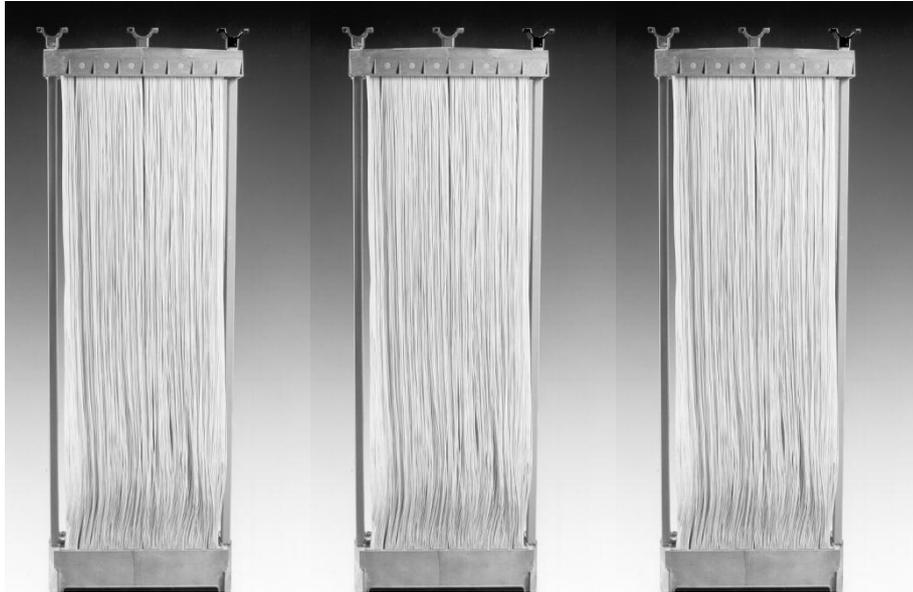
Com técnicas especiais colorimétricas é possível se rastrear os fluxos dos efluentes e seus destinos mais prováveis, assim como criar procedimentos mais eficientes de monitoramento de efeitos sobre os ecossistemas



Produzir, resultar, servir à sociedade, mas com muito respeito aos ecossistemas



ROTAS TECNOLÓGICAS INOVADORAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES SETORIAIS



Tratamentos "tipo kidney" ou "tipo rim"...

Uma nova fase tecnológica está chegando ao setor de celulose e papel...

Para mim está muito clara a nova rota tecnológica para a gestão das águas. Acredito muito na segregação de fluxos e nos tratamentos diferenciados setoriais, deixando a ETE para fazer o tratamento final do que não for possível tratar para recuperar, entre os quais os efluentes dos tratamentos tipo "kidney".

Dentre as inúmeras alternativas tecnológicas disponíveis, novas ou antigas, podemos citar as seguintes:

- Sistemas de troca de calor;
- Sistemas para condensação de neblinas e de vapores;
- Sistemas de evaporação de filtrados e efluentes;
- Sistemas de destilação de efluentes contaminados com poluentes com distintos pontos de ebulição (exemplo: "stripping" de condensados ricos em GNCC's);
- Incineradores de material orgânico concentrado;
- Sistemas de filtração até mesmo a nível de membranas de ultra e nanofiltração;
- Sistemas biológicos tipo "wetlands", sejam do tipo leito cultivado com plantas emergentes ou lagoas com plantas aquáticas flutuantes;
- Sistemas biológicos aeróbicos e anaeróbicos;
- Sistemas para disposição de efluentes em solos como fonte de irrigação ou de fertilização de culturas agrícolas e florestas;

- Etc., etc., etc.

Tenho visto com surpresa e até mesmo preocupação algumas empresas estudando sistemas de tratamento terciários ou quaternários complexos e caros, como o caso de filtração com membranas para todo o efluente industrial. Acho notável a tecnologia, mas tratar assim todo o efluente da fábrica é até certo ponto uma ingenuidade. Um tratamento caro desse tipo deveria ser destinado apenas a efluentes segregados e que mostrem evidências de ganhos ambientais notáveis pelo uso dessa tecnologia. Esse é apenas um caso dentre outros tantos mais, onde sempre reforço que as tecnologias tipo “kidney” devem ser para águas residuárias segregadas e não para o todo. Isso é válido para tecnologias com membranas, para “wetlands”, para evaporação de filtrados, etc., etc.

Hoje temos inúmeras possibilidades para tratar efluentes setoriais “in-locu” e assim recuperar parte de suas águas de volta ao processo fabril. De uma forma muitíssimo simplificada lhes trago uma breve introdução dos principais tratamentos “kidney” para águas setoriais da fábrica de celulose. Para todos os 17 casos relatados, colocamos extensa bibliografia técnica na seção de referências da literatura e sugestões para leitura. Naveguem por lá que não irão se arrepender.

Vejam só o que temos de “kidneys” ou “rins” para nosso setor industrial e florestal também:

Alternativa 01: “Wetlands”



Leito cultivado com plantas emergentes (Fonte: Ecocell Consultoria)

São tratamentos biológicos que se baseiam no poder filtrante e absorvente de algumas plantas que são especificamente cultivadas para

tratar águas residuárias. Em geral, existem dois tipos mais comuns de “wetlands”:

- Leitões cultivados de plantas aquáticas emergentes (mais eficientes);
- Lagoas de plantas aquáticas flutuantes (menos eficientes, mas mais baratos e com alta geração de biomassa a descartar – se houver uso para ela, podem ser indicados)

Alternativa 02: Irrigação de cultivos agrícolas e/ou florestais



São também métodos biológicos onde o efluente é utilizado para irrigar culturas agrícolas ou florestais, oferecendo sua água e seus contaminantes, que para as plantas podem ser interessantes, até mesmo nutrientes. Os cultivos irrigados mais comuns são: florestas plantadas de eucalipto ou *Pinus*, gramíneas como capins de pastagens e bambuzais.

Na Austrália existe muita pesquisa e até mesmo um programa a nível nacional coordenado pelo CSIRO Austrália denominado “Effluent Irrigated Plantations”, valendo-se de florestas plantadas de eucalipto (veja-se na seção de literaturas). O grande cuidado a tomar é segregar efluentes que tenham baixos teores de sódio ou de cloretos, para evitar a salinização do solo e problemas com as argilas.

Alternativa 03: Filtros biológicos

São sistemas biológicos com enchimentos que são substratos para o desenvolvimento de microrganismos, os quais se alimentam da matéria orgânica do efluente que passa através desse substrato.

Alternativa 04: Adsorventes de poluentes específicos



Carvão ativo para tratar efluentes

No caso de alguns poluentes críticos, como o caso das dioxinas & furanos e outros organoclorados problemáticos, o uso de meios adsorventes específicos tem sido bem sucedido. Os principais adsorventes testados com eficiência e eficácia são: o carvão ativo e o resíduo sólido do setor de celulose conhecido como "dregs", que tem muito a ver com o carvão ativado.

Alternativa 05: Utilização de fungos para remoção de cor de águas residuárias

Alguns fungos conhecidos como fungos da podridão branca da madeira tem-se mostrado efetivos para tratar efluentes da indústria de celulose e papel, colaborando para uma adequada remoção de cor dos mesmos. É algo a ser usado em situações específicas, após seguras avaliações.

Alternativa 06: Desinfecção oxidativa de efluentes contaminados com microrganismos patogênicos

Usam-se em geral oxidantes fortes como ozônio, ácido peracético, dióxido de cloro e radiação ultravioleta. Não se recomendam mais os usos de

cloro elementar ou de hipoclorito de sódio, pois eles podem reagir com a matéria orgânica da DQO e se formarem organoclorados adicionais.

Alternativa 07: Separação e eliminação de espumas



Espumas costumam carregar poluentes aderidos a elas



Imaginem que isso é uma lagoa de aerção de efluente industrial em algum lugar do planeta!!!! O consolo é que isso acontecia na década dos 70's e não mais hoje...

As espumas formadas nos efluentes sempre carregam poluentes e podem ser até mesmo formadas para essa finalidade. A separação e remoção das espumas podem ajudar a melhorar algumas propriedades de alguns efluentes, até mesmo a redução de sua toxicidade. Resta achar uma disposição adequada para a espuma separada.

Alternativa 08: Evaporação de filtrados

Como já vimos anteriormente, trata-se de uma tecnologia cada vez mais interessante para se eliminar alguns efluentes, convertendo-os em condensados mais limpos e em um líquido concentrado que pode ser incinerado, aterrado, etc.

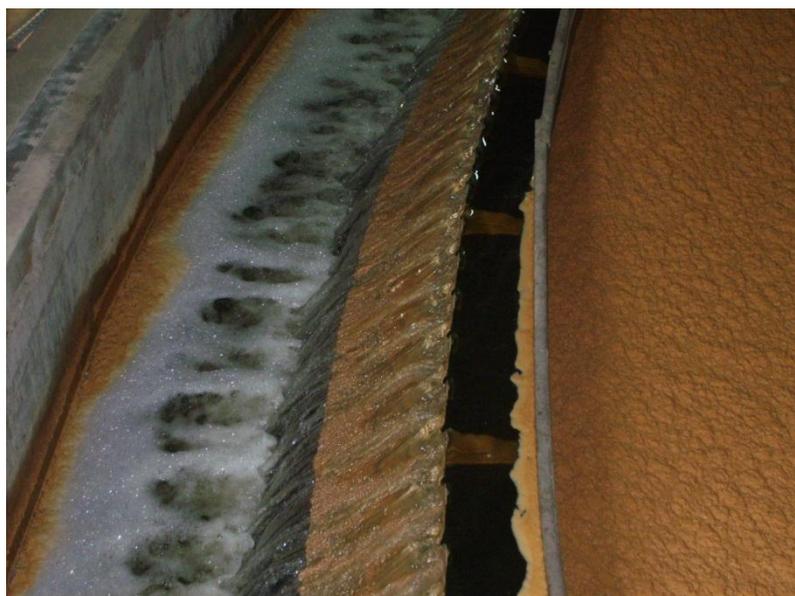
Alternativa 09: Destilação de líquidos contaminados com substâncias de pontos de ebulição diferentes

Como já vimos anteriormente, a destilação é uma metodologia excelente para os condensados carregados de compostos voláteis, com baixos pontos de ebulição em relação ao da água.

Alternativa 10: Coagulação eletrolítica

Consiste na utilização de células eletrolíticas para promover a coagulação dos poluentes pela ação de íons liberados pela eletrólise. Teve um ápice de estudos na década dos 70's, mas não conquistou maiores resultados em nosso setor.

Alternativa 11: Precipitação química com coagulantes seguida de decantação ou flotação



Floculação seguida de flotação dos flocos

Em geral, vale-se de coagulantes poderosos como sulfato de alumínio, policloreto de alumínio, sais de ferro, e algumas vezes, compostos orgânicos da família dos taninos. É muito usado como tratamento terciário, mas dependendo das dosagens e do efluente a tratar pode ser muito eficiente em uma só etapa.

Alternativa 12: Utilização de cargas pesadas de calcário, cal ou de cinzas de biomassa

Baseia-se na remoção de poluentes fenólicos com sua coagulação com cal, calcário ou com cinzas de biomassa, também muito rica em sais de cálcio.

Alternativa 13: Resinas de troca iônica

Objetivam concentrar poluentes pela captação dos mesmos por resinas especiais. Em etapa posterior, os poluentes devem ser liberados na forma mais concentrada pela regeneração das resinas.

Alternativa 14: Tratamentos oxidantes

Objetivam reduzir a cor e a DQO do efluente pela ação de um oxidante poderoso, como é o caso do ozônio, dentre outros.

Alternativa 15: Tratamento anaeróbico

Consiste em um sistema de tratar efluentes com alta carga orgânica, em geral acima de 5.000 ppm de DQO. Pode ser uma alternativa para os líquidos concentrados por membranas ou pela evaporação de efluentes contaminados com material orgânico.

Alternativa 16: Sistema Fenton

O reagente Fenton é uma solução oxidante altamente poderosa para substâncias orgânicas, não sendo exigente em condições especiais de temperatura, pressão, ou reatores. Esse reagente é obtido pela decomposição do peróxido de hidrogênio pela ação do íon Fe^{2+} . Entretanto,

nem todos os compostos orgânicos são eficientemente oxidados pelo Fenton, Existem diversas pesquisas mostrando a sua viabilidade para efluentes do setor de celulose e papel.

Alternativa 17: Membranas de microfiltração

Os sistemas de microfiltração são dotados de membranas filtrantes cujas características dependem da qualidade da água ou efluente a ser filtrado. Como a capacidade de filtração de cada elemento não é grande, essas tecnologias não devem ser consideradas como alternativas para todo o fluxo de efluentes de uma fábrica de celulose ou papel, mas apenas para as frações mais contaminadas.

A eficiência de redução da carga poluente e a taxa de recuperação de água (que sai do sistema muitíssimo limpa) vão depender da qualidade do efluente e da membrana selecionada.

Existem 4 tipos de membranas disponíveis para essas finalidades de tratar águas residuárias: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa. Cada tecnologia tem características especiais quanto aos poros das membranas e sua capacidade de filtrar e de se sujar pelo uso. As membranas são bastante afetadas pela presença de coloides e de extrativos pegajosos da madeira. Essas substâncias acabam entupindo os poros das membranas, exigindo limpezas. A duração das membranas é longa, mas é afetada pela intensidade das lavagens. Efluentes ricos em coloides pegajosos devem ser evitados. Em algumas situações, essas substâncias podem ser modificadas pela ação de detergentes antes do envio do efluente para a filtração.

Os sistemas mais usuais no setor de celulose e papel são: ultrafiltração, nanofiltração e alguns casos de testes com osmose reversa. Os melhores resultados têm sido encontrados com a nanofiltração.

O grande dilema que resulta do uso dessas membranas é o destino a ser dado ao líquido concentrado, rico em poluentes. Já a água purificada, essa tem qualquer destinação de uma água industrial comum para a fábrica, pois sua qualidade é excelente.

O líquido concentrado pode ser:

- Simplesmente descartado para ser tratado pela ETE;
- Ser evaporado e incinerado na caldeira de força;

- Ser enviado a um pré-tratamento anaeróbico para redução da carga poluente e depois enviado à ETE;
- Usado como ferti-irrigação nas florestas quando rico em potássio, cálcio, magnésio, etc.



CONSIDERAÇÕES FINAIS



Nossa indústria de celulose já percorreu uma magnífica rota tecnológica para minimizar sua poluição hídrica através da redução de seus fluxos de efluentes e melhoria de sua qualidade. Entretanto, isso ainda não foi suficiente para reduzir o consumo de água a valores compatíveis com os demandados pelos conflitivos usos desse bem essencial à vida no planeta. A água continua a ser muito exigida na produção da celulose e papel e não há ainda como evitar que ela se converta em parte em efluentes contaminados que exigem tratamentos cada vez mais sofisticados.

O termo efluente costuma ser o apelido que se dá a uma água de boa qualidade que se suja e precisa ter sua qualidade reabilitada a nível capaz de permitir a absorção da mesma pelos ecossistemas. Isso acontece em todas as atividades humanas, é parte da nossa sociedade e cultura.

A poluição da água não se controla só com sofisticados equipamentos, mas com investimentos continuados para incorporação de tecnologias, qualificação de operadores, procedimentos e responsabilidade ambiental. Também exige trabalho duro, árduo, constante de todos nas fábricas.

A poluição das águas é algo de enorme custo para nossas fábricas. Na verdade, poucas são as empresas que conhecem o valor exato dessa conta, pois em geral só conhecem os valores econômicos do que se gasta para tratar efluentes e não muito mais. Isso ocorre porque muitos dos custos da poluição hídrica não são computados na conta poluição, acabam sendo lançados na conta do custo de produção, como de energia, matérias-primas, etc. Há nas empresas muito mais foco nos custos do controle da poluição do que nos custos das perdas de rendimentos, eficiências, insumos, etc. Entretanto, isso deve mudar com a aceitação da ecoeficiência na gestão das operações.

Eu gostaria muito que conseguíssemos criar uma necessidade vital em todos que trabalham em nossa indústria, que pudesse inclusive permear para seus lares. Seria algo como desenvolver uma cultura nas pessoas para evitar o desperdício, para buscar um mundo melhor, mais bonito, mais justo e mais honesto. Em resumo, um mundo mais ecoeficiente e sustentável. Em uma visão de futuro, esse mundo talvez alcançasse aquilo que tanto dizemos que queremos atingir – sustentabilidade.

A ecoeficiência sabe muito bem identificar processos, eficiências e eficácias, bem como valorar os impactos ao meio ambiente em termos físicos, bióticos e econômicos. Ela ajuda a entender as causas de nossos problemas e oferece ferramentas para desenvolver soluções criativas e inovadoras.

Sabemos que as tecnologias para nossas fábricas continuarão a ser vitais para nossos negócios. Entretanto, elas por si só não são garantias de sucesso. Elas dependerão das pessoas de nossas fábricas, às quais sugiro manterem uma espécie de contínua obsessão em relação à melhoria contínua nos aspectos ambientais. Essa cultura não precisa ser criada em função de pressões externas da legislação ou de outras partes interessadas. Ela pode ser desenvolvida e mantida como cultura empresarial. Quem pode e deve fazer isso são exatamente nossos dirigentes e gestores. A eles uma recomendação: não fiquem reclamando do mundo, do rigor das leis e das entidades ambientalistas que conflitam com seus interesses. Pelo contrário, ofereçam seu otimismo e determinação como exemplos a todos em sua empresa (e fora dela) para que possamos fazer de nossas fábricas aquelas

com que sempre sonhei: sem cheiro, sem particulados, sem barulho, com mínimo consumo de água e pouca geração de efluentes de mínimo impacto e com excelentes resultados empresariais baseados em operações com adequados níveis de sustentabilidade.



Sempre tive um enorme carinho e dedicação aos setores florestal e de celulose e papel, desde que iniciei neles em 1967. Também sempre acreditei que a inovação nos conceitos tecnológicos nos ajudará a melhorar muito na busca da sonhada sustentabilidade. Essa é uma das minhas maiores crenças e forças para continuar sonhando com e batalhando por um setor cada vez melhor, mais sustentável e mais justo. Por essa razão, a ênfase que sempre coloquei na ecoeficiência, na melhoria contínua, na educação de pessoas, na quebra de paradigmas e na inovação tecnológica para esses setores. Já escrevi e tenho falado muito sobre esses temas todos, sobre ecoeficiência e sustentabilidade, desde a floresta até a reciclagem do papel. Também tenho colocado diversos alertas para estimular mudanças; ou para reflexões, pelo menos isso.

Minha meta sempre foi a de incentivar avanços setoriais, tanto na forma de comportamento, atitude, gestão e tecnologias. A ecoeficiência é uma excelente ferramenta para conseguir saltos de performances operacionais, gerenciais, ambientais e energéticas.

Não tenho dúvidas que o setor brasileiro de celulose e papel almeja um futuro melhor, não apenas como negócio ou oportunidade econômica, mas como um negócio inserido dentro de uma matriz de alta Sustentabilidade para a Sociedade, para o Negócio e para a Natureza.

Por essa razão me esforcei muito para escrever mais um capítulo do **Eucalyptus Online Book** que possa ajudar esse meu setor de celulose e papel a atingir esse sonhado e desejado futuro melhor. Espero que o que escrevi nesse capítulo sobre **a gestão do consumo de água e a geração de efluentes hídricos através dos conceitos da ecoeficiência** possa ser muito útil a vocês e ao nosso setor, no Brasil ou fora dele.

Aguardem, há mais alguns poucos capítulos nessa série que estou escrevendo sobre temas ambientais onde estão inseridos os eucaliptos, agregando muita competitividade ao Brasil nessa cadeia produtiva da celulose de mercado e do papel.

Um abraço a todos e muito obrigado pela sua leitura e apoio

Celso Foelkel



Conservação das águas...

Ajudando a construir no presente um futuro melhor para todos...

Um futuro melhor tanto nas fábricas e empresas do setor como para suas florestas, para as comunidades e regiões vizinhas e para o meio ambiente...

Divirtam-se e aprendam muito a seguir com nossa biblioteca de artigos e referências de literatura acerca do consumo de água e geração de efluentes em fábricas de celulose kraft de eucalipto (em outras também).



REFERÊNCIAS DA LITERATURA E SUGESTÕES PARA LEITURA



Conservar os recursos hídricos é responsabilidade de todos, cidadãos e empresas...
A Natureza agradecerá e poderá assim se manter saudável, continuando a abrigar
com eficiência a biodiversidade nela existente, na qual nos incluímos...

Segue para vocês uma extensa **Biblioteca de Livre Acesso Público** com aproximadamente 260 artigos sobre o **consumo de água e as tecnologias disponíveis para tratar e minimizar a geração de efluentes na produção de celulose kraft.**

Aproximadamente 40% desses artigos foram liberados para acesso público para os leitores do **Eucalyptus Online Book** e também para a sociedade tecnológica interessada nesse tema através de uma cortesia de nossa parceira ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, que visa com isso colaborar para que as partes interessadas da sociedade tenham à disposição um rico material para estudar e conhecer mais sobre

esse assunto, que é de vital significância para a ecoeficiência e sustentabilidade do setor de celulose e papel.

Espero que essa seleção de artigos, palestras e websites possa lhes ser muito útil.



PaperBref. Technical guidelines (water management concept) for papermakers in European regions with difficult boundary conditions on how to operate mills with minimum water use. Centre Technique du Papier (CTP)/Lucense SCpA. 23 pp. Acesso em 20.06.2011:

Disponível em:

http://www.paperbref.info/documenti/D16report_final_version.pdf

Collecting the drops: a water sustainability planner. GEMI – Global Environmental Management Initiative. Acesso em 20.06.2011:

Disponível em:

<http://www.gemi.org/waterplanner/index.htm>

Tratamento de águas e efluentes. CentroProjekt-Brasil. Acesso em 19.06.2011:

Disponível em:

http://www.centroprojekto-brasil.com.br/02_agua.htm

http://www.centroprojekto-brasil.com.br/02_efluentes.htm

http://www.centroprojekto-brasil.com.br/03_agua.htm

http://www.centroprojekto-brasil.com.br/05_tecnologia.htm

http://www.centroprojekt-brasil.com.br/08_obras.htm (Diversas estações de tratamento de águas e efluentes no setor de papel e celulose para conhecimento das tecnologias adotadas)

Tratamento de efluentes com sistema PAE – Plantas Aquáticas Emergentes. Ecocell Projetos e Consultoria Ambiental. Acesso em 18.06.2011:

Disponível em:

<http://www.ecocell.com.br/FolderSistemaPAE.pdf>

COST E14 - Towards zero effluent in paper making. European Union. Acesso em 20.05.2011:

http://www.cost.eu/domains_actions/fps/Actions/E14?parties

http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/FFP/Action_E14/mou/E14-e.pdf

Optimice el uso del agua. M.C. Area. Mari Papel. Acesso em 20.05.2011:

Disponível em:

<http://www.maripapel.com/2007091275/articulos/papel-y-tisu/optimice-el-uso-del-agua.html>

Monitoramentos Veracel. Veracel Celulose. Acesso em 20.05.2011:

Disponível em:

<http://www.veracel.com.br/default.aspx?tabid=110>

Recursos hídricos: informações em tempo real. Vídeos Portal Ambiente Energia. Acesso em 20.05.2011:

Disponível em:

<http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2011/05/recursos-hidricos-informacoes-em-tempo-real/11434>

Kraft (sulphate) pulping process. BREF 2001 Executive Summaries.

Acesso em 20.05.2011:

Disponível em:

http://natura.minenv.gr/batelv/Docs/Kraft_BAT.PDF (BAT's – Best Available Techniques)

http://natura.minenv.gr/batelv/Docs/Kraft_ET.PDF (Emerging techniques)

Métodos de ensaio. GMG Instrumentação e Automação Industrial. Acesso em 20.05.2011:

Disponível em:

<http://www.gmgspbrasil.com.br/pdf/Consulat/DQO/DQO.pdf> (Ensaio da DQO)

http://www.gmgspbrasil.com.br/pdf/Consulat/TOD/TOD_-COD.pdf (Ensaio TOD e COD)

Sustainability and environmental issues in the kraft pulp industry. C. Foelkel. V ICEP – International Colloquium on *Eucalyptus* Pulp. Apresentação em PowerPoint: 52 slides. (2011)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Sustainability%20and%20Environmental%20Issues_ICEP%202011_Final2.pdf

Na pegada da sustentabilidade. T. Santi. O Papel (Maio): 28-35. (2011)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_PEGADAS%20DA%20SUSTENTABILIDADE.pdf

On the sustainability footprint path. T. Santi. O Papel (Maio/May). 08 pp. (2011)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_SUSTAINABILITY%20FOOTPRINTS.pdf

Critical overview of water consumption in the pulp and paper industry. C. Foelkel. Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2011)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Water%20in%20Pulp%20and%20Paper%20Industry.pdf>

Atuação da CETESB valoriza o uso eficiente da água. C. Martin.

Entrevista com O. Okano. O Papel (Maio): 11-12. (2011)

Disponível em:

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1306349470_f07478138e008efd7e2d945a6e38cd23_1191500040.pdf

Bambu despolui água. TV Goiania. YouTube Vídeos. (2011)

Disponível em:

<http://www.youtube.com/watch?v=A5CK9WMDdXI>

Indicadores de performance ambiental para fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter Nº 29. (2010)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_set10.html#quatorze

Method for treating liquid flows at a chemical pulp mill. J. Vehma; O. Pikka; P. Tervola. Andritz Oy. U.S. Patent 2010/0224334A1. (2010)

Disponível em:

<http://www.freepatentsonline.com/20100224334.pdf>

The green and blue water footprint of paper products. Methodological concepts. P.R. van Oel; A.Y. Hoekstra. UNESCO –

Institute for Water Education. Research Report Series nº 46. 36 pp. (2010)

Disponível em:

<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report46-WaterFootprintPaper>

Water management in the pulp and paper industry. U. Gytel. PaperTech 2010. India. Apresentação em PowerPoint: 12 slides. (2010)

Disponível em:

<http://www.greenbusinesscentre.org/papertech2010/Ms%20Ulla%20Gytel-Kemira/Ms%20Ulla%20Gytel-Kemira.pdf>

Pulp and paper industry. BREF Working Draft in Progress - Pulp and Paper – Reference document on best available techniques in the pulp and paper industry . The European IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. 746 pp. (2010)

Disponível em:

ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/PP_D1_0410.pdf

Uso do sistema Fenton para redução de carga orgânica do efluente hídrico de indústria de celulose. E.S. Santos. 43º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 39 slides. (2010)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_2010_Uso%20sistema%20Fenton.pdf

Optimizing effluent and sludge treatments for kraft pulp mills with regards to energy production, consumption and carbon footprint. H.P. Zwiefelhofer; P. Woodhead; M. Coutinho; D.C. Meissner. 43º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 26 slides. (2010)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/02_2010_Otimizacao%20tratamento%20efluente.pdf

Current experience with the use of membrane bioreactor technology for the treatment of papermill effluent. A. Helble; C.H. Möbius. PTS Water & Environmental Technology Symposium. 27 pp. (2009)

Disponível em:

http://www.cm-consult.de/download/184_m2903.pdf

Programa de redução de consumo de água. Lwarcel Celulose. P.W. Stefanini. 3º Workshop Uso e Reuso de Águas Residuárias. Apresentação em PowerPoint: 34 slides. (2009)

Disponível em:

http://www.nupegel.usp.br/reuso2009/Palestras/Pedro_W_Stefanini.pdf

A Convenção de Estocolmo e a indústria de celulose e papel - Parte 1 (The Stockholm Convention and the pulp and paper industry - Part 1). E.M.P.N. Canizares; C.A. Zini. O Papel (Abril): 51 - 63. 33.6 MB. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Arquivo%2003_pops%201.pdf

A Convenção de Estocolmo e a indústria de celulose e papel - Parte 2 (The Stockholm Convention and the pulp and paper industry - Part 2). E.M.P.N. Canizares; C.A. Zini. O Papel (Maio/May): 43 - 55. 33.9 MB. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Arquivo%2004_pops%202.pdf

Remoção de DQO de efluente de indústria de celulose e papel empregando reagente Fenton. A.L.P. Araújo; E.S. Cossich; C.R.G. Tavares. Scientia Plena 5(7). 09 pp. (2009)

Disponível em:

http://www.scientiaplena.org.br/sp_v5_074201.pdf

Sistema de tratamento de efluentes com plantas aquáticas emergentes (PAE) para o processo de parboilização de arroz. G. Schulz. Dissertação de Mestrado. ULBRA – Universidade Luterana do Brasil. 72 pp. (2009)

Disponível em:

<http://www.biomapampa.com.br/download/mestrado%20guilherme%20schulz%20pae.pdf>

Water circuit closure simulation tools. A.D. Venica; E.R. Rébora. Congresso RIARREC/ABTCP. Apresentação em PowerPoint: 12 slides. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2017_Apresenta%E7%A6o%20RIARREC%20Dr.%20Venica.pdf

Cerramiento del sistema de água. Utilización de herramientas de simulación. A.D. Venica; E.R. Rébora. Congresso RIARREC/ABTCP. 08 pp. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2016_%20Venica%27s%20paper%20Riarrec.pdf

Caracterização dos efluentes setoriais numa fábrica integrada do tipo kraft e estudos da viabilidade do reuso e de processos de tratamento diferenciados destes efluentes visando a melhora da performance da ETE existente. D.C. Meissner; K.V. Soares; P.A. Woodhead. 42º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/03_2009_Reuso%20efluentes%20setoriais.pdf

Caracterização dos efluentes setoriais numa fábrica integrada do tipo kraft e estudos da viabilidade do reuso e de processos de tratamento diferenciados destes efluentes visando a melhora da performance da

ETE existente. D.C. Meissner; K.V. Soares; P.A. Woodhead. 42º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04_2009_Reuso%20efluentes%20setoriais2.pdf

Identificação da causa da toxicidade de efluentes de fábricas de celulose e papel da América Latina. (Toxicity cause identification of Latin American pulp and paper mill effluents). T.H. Furley. O Papel (Março/March): 34-42. (2009)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/05_2009_Identificacao%20da%20causa%20da%20toxicidade%20de%20efluentes.pdf

Benchmarking energético na indústria de celulose e papel. D.L. Bachmann. O Papel (Julho): 72-76. (2009)

Disponível em:

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1251302652_2dc24311cf4ab52407de0e6157fa41ac_226896132.pdf

Benchmarking ambiental na indústria de celulose e papel. D.L. Bachmann. O Papel.(Junho): 57-61. (2009)

Disponível em:

http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1251302938_d9dd1703fb7ee71abcc8e5c37473a806_27356785.pdf

Bleaching of pulp. Bleach plant closure. Metso Corporation. pp.: 28-29. (2009)

Disponível em:

[http://metso.com/MP/Marketing/vault2mp.nsf/BYWID/WID-050209-2256E-94DC4/\\$File/MPS%20R%202034%20066-02.pdf?OpenElement](http://metso.com/MP/Marketing/vault2mp.nsf/BYWID/WID-050209-2256E-94DC4/$File/MPS%20R%202034%20066-02.pdf?OpenElement)

Sistema de avaliação de desempenho ambiental com base nos conceitos de PmaisL (SAPmaisL): promovendo a melhoria contínua. R.F.W. Neetzow; J. Oliveira; A.V. Souza. II International Workshop Advances in Cleaner Production. Apresentação em PowerPoint: 29 slides. (2009)

Disponível em:

<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/6a/4/R.%20F.%20W.%20Neetzow%20-%20apresentacao%20-%206A-4.pdf>

Ecoeficiência e produção mais limpa para a indústria de celulose e papel de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 09. 86 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT09_ecoeficiencia.pdf

Oportunidades para ecoeficácia, ecoeficiência e produção mais limpa na fabricação de celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 10. 92 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT10_ecoeficiencia.pdf

Mil e uma maneiras de fazer sua fábrica de celulose e/ou de papel e sua floresta plantada mais ecoeficazes e mais ecoeficientes. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 12. 125 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT12_P%2BL_final.pdf

Comparing aerobic and anaerobic wastewater treatment processes for papermill effluent considering new developments. A. Helble; C.H. Möbius. Zellcheming General Meeting. 23 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.cm-consult.de/download/181_m2802.pdf

Removal of non-process elements in chemical recovery. A review of technologies. A.G. Kulkarni. IPPTA Journal 22(3): 133-118. (2008)

Disponível em:

http://www.ipptaonline.org/July-Sept,%202010/2010_Issue_3_IPPTA_Article_6.pdf

Swedish pulp mill biorefineries. A vision of future possibilities. T. Berntsson; P. Axegard; B. Backlund; A. Samuelsson; N. Berglin; K. Lindgren; B. Palmberger. Swedish Energy Agency. 84 pp. (2008)

Disponível em:

<http://www.investsweden.se/Global/Global/Downloads/Publications/Cleantech/Swedish-pulp-mill-biorefineries.pdf>

Draft report on literature review of colour reduction technologies for kraft pulp mill effluents. BECA/AMEC. 38 pp. (2008)

Disponível em:

<http://old.boprc.govt.nz/Consents/Consent-090706-TasmanMillLiteratureReviewColourReductionTechnologies.pdf>

Guia técnico ambiental da indústria de papel e celulose. Série P+L. ABTCP/CETESB. 50 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/papel.pdf

Caracterização e avaliação da potencialidade de sistemas "wetland" para o tratamento do efluente do viveiro da empresa Votorantim

Celulose e Papel. A.S. Oliveira; C.M.S. Vidal. VI Semana de Estudos de Engenharia Ambiental. 11 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/CARACTERIZA%C7%C3O%20E%20AVALIA%C7%C3O%20DA%20POTENCIALIDADE%20DE%20SISTEMAS%20WETLAND.pdf

Tratamento de efluentes. Celulose e papel economiza água com produção limpa e reuso. M. Furtado. Química e Derivados N^o 471. 01 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.ecoaguas.com.br/docs/tratamento_de_efluentes_noticia.pdf

Avaliação ecotoxicológica de efluentes de celulose branqueada de eucalipto ao longo do tratamento biológico. D.V.R. Martins. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 85 pp. (2008)

Disponível em:

http://www.dec.ufv.br/modules/mastop_publish/files/files_4cacd6c71b9ed.pdf

Treatment of the effluent from a kraft bleach plant with white rot fungi *Pleurotus sajor caju* and *Pleurotus ostreatus*. A. Belém; A.V. Panteleitchouck; A.C. Duarte; T.A.P. Rocha-Santos; A.C. Freitas. Global Nest Journal 10(3): 426-431. (2008)

Disponível em:

http://www.gnest.org/journal/Vol10_No3/426-431_523_Belem_10-3.pdf

Innovative use of silvichemical biomass and its derivatives for heavy metal sorption from wastewater. H. Yu; G.H. Covey; A.J. O'Connor. International Journal of Environment and Pollution 34(1/2/3/4): 427-450. (2008)

Disponível em:

[http://www.coveyconsulting.com.au/Documents/IJEP%2033\(1-4\)%20Paper%2031%20Elagic%20acid.pdf](http://www.coveyconsulting.com.au/Documents/IJEP%2033(1-4)%20Paper%2031%20Elagic%20acid.pdf)

Progress towards "best-in-class": a summary of bleaching chemical consumption reduction and optimization. D.C. Pryke; K. Nylén. Pulp and Paper Canada 109(1): 43-46. (2008)

Disponível em:

<http://www.pulpandpapercanada.com/paptac/PDFs/Jan08/PaperProperties3.pdf>

Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. I. Hespanhol. Estudos Avançados 22(63): 131-158. (2008)

Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a09.pdf>

Programa de redução de consumo de água da Lwarcel Celulose. Prêmio FIESP de Conservação e Reúso da Água. (2008)

Disponível em:

http://www.fiesp.com.br/ambiente/produtos_servicos/downloads/premio_lwarcel.pdf

http://www.fiesp.com.br/ambiente/estudos/cases_lwarcel.aspx

Análise de custos ambientais em processos industriais. P.R.S. Silva. Produto & Produção 9(2): 91-105. (2008)

Disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/download/4430/2530>

A aplicação do sistema de lodos ativados de baixa carga combinado com um seletor aeróbico para atender aos rigorosos padrões de emissão de efluentes tratados na indústria de papel e celulose. P.A. Woodhead; D.C. Meissner. 41º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/05_2009_Identificacao%20da%20causa%20da%20toxicidade%20de%20efluentes.pdf

Tratamento de água branca por biorreator anaeróbio convencional e biorreator anaeróbio a membrana. (White water treatment by anaerobic conventional bioreactor and anaerobic membrane bioreactor). A.P.S. Loures; C.M. Silva; M.R. Coura; I.M.H. Morais. O Papel (Março/March): 77-92. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_2008_Tratamento%20agua%20branca%20biorreator%20anaerobio.pdf

Minimização do consumo de água e geração de efluentes aquosos – Estudos de casos. S.M. Marques. Dissertação de Mestrado. UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 241 pp. (2008)

Disponível em:

<http://www.eq.ufrj.br/sipeq/download/consumo-de-agua-e-geracao-de-efluentes-aquosos.pdf>

Uso da água em indústria de papel e celulose sob a ótica da gestão de recursos hídricos. K.J. Amaral. Tese de Doutorado. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 196 pp. (2008)

Disponível em:

<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp057282.pdf>

Tratando os efluentes hídricos das fábricas de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter Nº 18. (2008)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_dez08.html#quatorze

A pilot constructed treatment wetland for pulp and paper mill wastewater: performance, processes and implications for the Nzoia

River, Kenya. M.A. Abira. Tese de Doutorado. UNESCO-IHE Institute for Water Education. 160 pp. (2008)

Disponível em:

<http://edepot.wur.nl/1588>

Identificação de compostos orgânicos presentes nos efluentes de branqueamento de pasta celulósica utilizando extração líquido-líquido. L.V.S. Santos; M.C.S. Amaral; L.C. Lange; V.F. Knupp. 41º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 18 slides. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/08_2008_Identificacao%20organoclorados.pdf

Em busca da produção de papel sem água. M. Faleiros. O Papel (Setembro): 07-14. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/09_2008_Em%20busca%20producao%20papel%20sem%20agua.pdf

Ecoeficiência: a busca incansável pela produção mais limpa. M. Faleiros. O Papel (Junho): 34-38. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/10_2008_Ecoeficiencia%20busca%20incansavel.pdf

Caracterização e tratamento de efluentes setoriais da CENIBRA. L.C. Dalvi; L.C. Souza; C.C.J. Guimarães; M.F. Silveira; B.A. Barony. 41º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2008)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/11_2008_Caracterizacao%20tratamento%20efluentes%20setoriais.pdf

Análises físico-químicas: cor, turbidez, pH, temperatura, alcalinidade e dureza. Laboratório de Tecnologias Ambientais. Portugal. 16 pp. (2007/2008)

Disponível em:

<http://www.biologica.eng.uminho.pt/TAEL/downloads/analises/cor%20turbidez%20ph%20%20alcalinidade%20e%20dureza.pdf>

A cobrança pelo uso da água no Brasil. R. Morais; L. Perecin. O Papel (Março): 08-12. (2007)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/12_2007_Cobranca%20uso%20agua%20Brasil.pdf

Produção verde: administração da produção com ênfase em ferramentas ambientais. C.E. Franco; M. Filipim. SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 15 pp. (2007)

Disponível em:

http://www.aedb.br/seget/artigos07/1187_Artigo%20Ambiental%20-%20Versao%20SEGET.pdf

Sistemas de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel. J.C.A. Mieli. Tese de Doutorado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 111 pp. (2007)

Disponível em:

http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/3/TDE-2008-02-27T064616Z-996/Publico/texto%20completo.pdf

Análise do circuito de água em processo de fabricação de papel imprensa integrada com produção de pastas termomecânicas. M. Hamaguchi. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 164 pp. (2007)

Disponível em:

http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-09012008-175600/publico/Marcelo_Hamaguchi_Dissertacao_Edicao_Revisada_FINAL.pdf

Effluent treatment using evaporation and crystallization. C. Brechnell; M. Lilliot; A. Pavlik. ICheaP-8 & PRES'07 Conference. 06 pp. (2007)

Disponível em:

<http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/icheap8-pres07/icheap8webpapers/85%20Brecknell.pdf>

Aspectos econômicos da gestão ambiental dos recursos hídricos. M.G. Pizaia; M.R.G. Câmara; V.J. Sereia. Revista de Gestão Social e Ambiental 1(2): 111-128. (2007)

Disponível em:

<http://www.gestaosocioambiental.net/ojs/index.php/rgsa/article/viewFile/26/16>

Whitewater (WW) quality and treatment options for closing value added WW loops. A. Elliott; T. Mahmood. Pulp and Paper Canada 108(11): 26-31. (2007)

Disponível em:

<http://www.pulpandpapercanada.com/paptac/PDFs/Nov07/WaterConsumption.pdf>

Produção mais limpa. Votorantim Celulose e Papel Unidade Jacareí. M.R. Machado. Advances in Cleaner Production. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2007)

Disponível em:

<http://www.advancesincleanerproduction.net/first/textos%20e%20arquivos/CongressoUNIP/22-11-2007/VCP%20-%20Presentation.pdf>

Environmental, health and safety guidelines. Pulp and paper mills.

IFC – International Finance Corporation. 31 pp. (2007)

Disponível em:

[http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_PulpandPaper/\\$FILE/Final+-+Pulp+and+Paper+Mills.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_PulpandPaper/$FILE/Final+-+Pulp+and+Paper+Mills.pdf)

Modernas linhas de fibras de celulose kraft branqueada de eucaliptos. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter N° 07. (2007)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_jan07.html#quatorze

As melhores tecnologias e práticas ambientalmente disponíveis para produção de polpa kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel.

Eucalyptus Newsletter N° 08. (2007)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar07.html#quatorze

Melhores tecnologias disponíveis para fabricação de celulose de eucalipto. Uma continuação sobre esse tema. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter N° 10. (2007)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#cinco

A fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto e o consumo de água. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter N° 09. (2007)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_maio07.html#quatorze

Fechando os circuitos para se reduzir ainda mais o consumo de água na fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto. C. Foelkel.

Eucalyptus Newsletter N° 10. (2007)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#quatorze

Tratamento do efluente ácido do branqueamento da polpa de celulose por osmose inversa. F. Flack; I.C. Tessaro; K. Wada. VI-Oktober

Fórum PPGEQ. 06 pp. (2007)

Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/11211/000608435.pdf?sequence=1>

Conservação de água em máquina de fabricação de papel. O caso da Bahia Sul Papel e Celulose Ltda. D.C.L. Nunes. Dissertação de Mestrado.

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá. 192 pp. (2007)

Disponível em:

<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0032099.pdf>

Aerobic vs. anaerobic-aerobic biotreatment: paper mill wastewater. M. Lerner; N. Stahl; N. Galil. Environmental Engineering Science 24(3): 277-285. (2007)

Disponível em:

http://gwri-ic.technion.ac.il/pdf/Professors/Noah_Galil/6.pdf

Water and papermaking. 3. Measures to clean up process water. M.A. Hubbe. Paper Technology (April): 23-30. (2007)

Disponível em:

http://repository.lib.ncsu.edu/publications/bitstream/1840.2/1996/4/HubbeM_2007_PT_Water_Pt_3.pdf

Tratamento de efluentes domésticos por leito cultivado. P. Fortes Neto. 1º Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2007)

Disponível em:

http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:1DfMd_RTWUIJ:www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/131/1/Leito_de_raizes.pdf+Tratamento+de+efluentes+dom%C3%A9sticos+por+leito+cultivado+unitau&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEEShizR8iziddasr5RhnuGV-HWB_en5eDGy5Yb9N2wEDJieRSXTF-B8Bbjie26k9zLaPJ5u95fvtjGFkedqk6gbPZEnLUUvt13EfRI06A_BRPVSD4cS2UZSLXyKpsH0cOCjJCYXft&sig=AHIEtbQP1xRP5V2LpeCSCpTo7x1JkvBpTA

Tratabilidade dos efluentes de branqueamento de polpa kraft de eucalipto com tecnologia de hidrólise ácida/dióxido de cloro a quente. C.M. Gomes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 170 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.tede.ufv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/4/TDE-2007-04-19T141102Z-491/Publico/texto%20completo.pdfv

Direct nanofiltration of waste water treatment plant effluent. G.A. Schrader. Tese de Doutorado. University of Twente. 158 pp. (2006)

Disponível em:

http://doc.utwente.nl/55981/1/thesis_Schrader.pdf

Seqüências ECF e TCF de branqueamento da celulose kraft de eucalipto. C. Foelkel. Eucalyptus Newsletter Nº 04. (2006)

Disponível em:

http://www.eucalyptus.com.br/newspt_may06.html#quatorze

Redução do consumo de água na etapa de branqueamento da celulose via reutilização de efluentes industriais. A.A. Andrade. Dissertação de Mestrado. UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. (2006)

Disponível em:

<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000386162>

Avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas. C.E.M. Tucci; C.A. Mendes. Ministério do Meio Ambiente/Brasil. 302 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf

Nova tecnologia de branqueamento de celulose adaptada ao fechamento do circuito de água. M.M. Costa; J.L. Colodette; A. Landim; C.M. Silva; A.M.M.L. Carvalho. Revista Árvore 30(1): 129-139. (2006)

Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n1/28517.pdf>

Implicações do uso de efluentes de fábricas de celulose em plantações de eucalipto. A.A.P. Rezende; A.T. Matos; C.M. Silva. O Papel (Fevereiro): 48-62. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/13_2006_Uso%20efluentes%20fabrica%20celulose%20plantios%20eucalipto.pdf

Evaluation of the use of pulp mill effluent in *Eucalyptus* plantation.

A.A.P. Rezende; A.T. Matos; C.M. Silva. O Papel (Fevereiro/February): 63-76. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/14_2006_Uso%20efluente%20irrigacao%20ENG.pdf

Water use and wastewater treatment in papermills. C.H. Möbius. 113 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.cm-consult.de/download/wwtp_read_only_2.pdf

Water cycle with zero discharge at Tumut pulp and paper mill – New South Wales – Australia. O. Szolosi. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/15_2006_Tumut%20mill.pdf

The characterization of dissolved organic matter in pulp and paper mill effluent streams and the effect of treatment on the quantity and quality of organic matter. T. Tuhkanen; E. Meta. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/16_2006_Organic%20matter%20in%20effluents.pdf

Reuse of rainwater system for productive means. F. Chaves; A. Mendes. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/17_2006_Rainwater%20system.pdf

Membrane filtration for tertiary treatment of biologically treated effluents from the pulp and paper industry. M. Mänttari; M. Nyström. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_2006_Membrane%20filtration.pdf

High molecular weight organic matter precipitation from kraft mill effluents: process development. M.C. Diez; O. Rubilar; M. Cea; R. Navia. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/19_2006_Organic%20matter%20precipitation.pdf

Evaluation of white water reuse in the bleaching process for reducing fresh water consumption. A.A. Andrade; P.M. Glória; J.V.H. d'Angelo; D.O. Perissotto; R.A. Lima. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/20_2006_White%20water%20use%20in%20bleaching.pdf

Environmental improvement as a result of BAT implementation in pulp/paper industry. O. Sotolova. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/21_2006_BAT%20implementation.pdf
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/48_sd_bat%20implementation.pdf

Effluent-free papermaking: industrial experiences and latest developments in the German paper industry. U. Hamm; S. Schabel. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/22_2006_Effluent-free%20papermaking.pdf

Effects of pulp and paper mill wastewater on hybrid *Eucalyptus* clone growth. E.N. Takahashi; P.L.C.A. Alves; A.C. Silva; W. Franciscatte; A.M.O. Almeida; L.R.S. Gonçalves. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/23_2006_Wastewater%20effects%20on%20eucalyptus.pdf

Different ways to decrease emissions in SC papermaking to meet new pollution prevention limits. T. Lappalainen; M. Mäkinen. Vitória

2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/24_2006_Reducing%20emissions%20in%20SC%20papermaking.pdf

Degree of closure of Swedish (Nordic) bleached kraft pulp mills, 1990 and 2000-2005. M. Puukko. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/25_2006_Nordic%20mills%20degree%20closure.pdf

Comparative study of MBR and activated sludge in the treatment of paper mill wastewater. M. Lerner; N. Shtahl; N. Galil. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/26_2006_Membrane%20bioreactor.pdf

Broad-scale, repeatable response patterns of fish and invertebrates exposed to pulp and paper mill effluents. R.B. Lowell; B. Ring; G. Pastershank; S. Walker; L. Trudel; K. Hedley. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/27_2006_Fish%20and%20invertebrates.pdf

Contamination evaluation in the region around the submarine emissary of Aracruz Celulose by organochlorinated compounds. A.L.F. Piedade; T.H. Furley; A. Oliveira Filho. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/28_2006_Organochlorinated%20compounds.pdf

Defining ecologically relevant effects sizes for changes in fish measurements after exposure to pulp mill effluents. K.R. Munkittrick; C. Port; B. Kilgour; M. McMaster; R. Lowell. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/29_2006_Changes%20in%20fish%20sizes.pdf

Diagnosing the common causes of regulatory toxicity involving pulp and paper mill effluents. T. Kovacs; S. Gibbons; B. O’Coonor; P. Martel; V. Naish; M. Paice; R. Voss. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/30_2006_Causes%20regulatory%20toxicity.pdf

Effects of phytosterols contained in pulp mill effluents on *D. magna* and *D. obtusa*. C.R. Xavier; J. Becerra; V. Hernández; S. Chamorro; G. Vidal. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/31_2006_Phytosterol%20effects.pdf

Effects of wood leachates during short-term and life-cycle bioassays. D.L. Borton; T.J. Hall; D.L. Cook; W.R. Streblov. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/32_2006_Wood%20leachates.pdf

Kraft pulp mill effluent treated by activated sludge and aerated lagoon genotoxicity assess. C.R. Xavier; E. Oñate; M.A. Mondace; G. Vidal. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/32_2006_Wood%20leachates.pdf

Overview of laboratory testing for reproductive effects of pulp mill effluents in fish. J.L. Parroott. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/34_2006_Reproductive%20effects%20on%20fish.pdf

Reproductive steroid responses in fish exposed to pulp mill condensates. D.L. MacLatchy; K.S. Shaughnessy; A.M. Belknap; M.G. Dubé; M.L. Hewitt. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/35_2006_Steroid%20responses%20in%20fish.pdf

Tools for environmental control used by paper and pulp mills. A.L.F. Piedade; T.H. Furley. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/36_2006_Tools%20for%20control.pdf

Toxicity identification evaluation (TIE) of CENIBRA's internal effluents. T.H. Furley; L. Dalvi; A.L.F. Piedade. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/37_2006_Toxicity%20internal%20effluents.pdf

Advanced oxidation of bleached eucalypt kraft pulp mill effluent. A.H. Munteer; R.O. Pereira; A.A. Moraes; D.B. Ruas; D.S.A. Silveira; D.B. Viana. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/38_2006_Advanced%20oxidation.pdf

Application of ultrafiltration in the pulp and paper industry: metals removal and whitewater reuse. C.R. Oliveira; C.M.Silva; A.F. Milanez. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/39_2006_Ultratilration.pdf

Combined chemical biological treatment of bleached eucalypt kraft pulp mill effluent. D.B. Ruas; A.H. Munteer; A.C. Lopes; B.L. Gomes; F.B. Dutra; L.M. Girondoli. Vitória 2006. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/40_2006_Combined%20treatment.pdf

Control of tacky deposits on paper machines – A review. M.A. Hubbe; O.J. Rojas; R.A. Venditti. Nordic Pulp and Paper Research Journal 21(2): 154-171. (2006)

Disponível em:

http://www4.ncsu.edu/~ojrojas/PDF/2006_11.pdf

Uso de ozônio como pré e pós-tratamento de efluentes da indústria de celulose kraft branqueada. A.A. Moraes. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 110 pp. (2006)

Disponível em:

http://www.ufv.br/dec/ppg/Teses/MS_Assis_Morais.pdf

Development of guidelines for water conservation in pulp and paper sector. A.K. Saxena; R. Gupta. Central Pollution Control Board. National Productivity Council. India. 133 pp. (2006)

Disponível em:

<http://www.cpcb.nic.in/newitems/45.pdf>

Advanced technology for effluent treatment and sludge dewatering. Veolia Environment. 38º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 96 slides. (2005)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/01_ADVANCED_TECHNOLOGY_FOR_EFFLUENT_TREATMENT_AND_SLUDGE_DEWATERING.pdf

Phytoremediation and wetland for tertiary treatment of pulp & paper mill wastewater. W. Wirojanagud; N. Tantemsapya. Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management. Thailand. 06 pp. (2005)

Disponível em:

<http://home.kku.ac.th/netnapid/publication/2005/Taiwan%2005.pdf>

Standards for pulp and paper mill wastewater releases. Alberta Canada. Alberta Environment. 30 pp. (2005)

Disponível em:

<http://environment.gov.ab.ca/info/library/7543.pdf>

Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases. UNEP Chemicals. United Nations Environment Programme. 250 pp. (2005)

Disponível em:

http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/en/Toolkit_2005_En.pdf

Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases. Emission factors for the toolkit. UNEP Chemicals. United Nations Environment Programme. Tabelas e planilhas em Excel. (2005)

Disponível em:

http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/en/Emission%20Factors_2005.xls

Colour removal of pulp and paper effluents. B. Chackadhar; S. Shrivastava. Indian Journal of Chemical Technology 11(9): 617-621. (2004)

Disponível em:

[http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/9533/1/IJCT%2011\(5\)%20617-621.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/9533/1/IJCT%2011(5)%20617-621.pdf)

Efluentes: a busca por processos que melhorem a eficiência. M.C. Fornari. Brasil Alimentos 27(Setembro/Outubro): 26-29. (2004)

Disponível em:

<http://www.signuseditora.com.br/ba/pdf/27/27%20-%20Efluentes.pdf>

Sistemas de tratamento – Membranas de ultra-filtração: a experiência brasileira no pré-tratamento de osmose reversa e no tratamento de efluentes. H. Yamaguchi. 7º Seminário de Meio Ambiente. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2004)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/41_2004_Sistemas%20tratamento%20membrana%20ultra-filtracao.pdf

Remoção de matéria orgânica recalcitrante de efluentes de celulose kraft de branqueamento por ozonólise. J.J. Mokfienski; A.H. Mounter; F.R. Amorim. 37º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2004)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/42_2004_Remocao%20matéria%20organica%20recalcitrante%20de%20efluentes.pdf

Avaliação de tecnologias visando ao reuso de efluentes. Filtração em membranas. P. Florido. CENPES Efluentes Hídricos Resultados em P&D nº 2 (Julho). 02 pp. (2004)

Disponível em:

http://www.tratamentodeagua.com.br/R10/Lib/Image/art_746479126_InfoReuso%20n%C2%BA02%20-%20Filtro%20A7%20A3o%20em%20Membranas.pdf

Racionalização do uso de água na indústria de celulose. O caso Bahia Pulp. M.H.D. Grande. Dissertação de Mestrado. UFBA – Universidade Federal da Bahia. 158 pp. (2004)

Disponível em:

http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_maria_h_del_grande.pdf

Tratamento de efluentes líquidos da indústria de celulose e papel. J.A.V.M. Fonseca; M. Barbosa; N.O. Pinto; R.S. Salan; G. Dragoni Sobrinho; N.N. Brito; C.M.R. Coneglian; S.Tonso; R.Pelegriani. III Fórum de Estudos Contábeis. 09 pp. (2003)

Disponível em:

<http://www.universoambiental.com.br/Arquivos/Agua/papel%20celulose.pdf>

Water use in paper mills. Measurement and control problems in biological treatment. T. Alexandersson. Tese de Licenciatura. Lund University. 138 pp. (2003)

Disponível em:

<http://www.iea.lth.se/publications/Theses/LTH-IEA-1036.pdf>

Aspectos da gestão ambiental em empresas que utilizam análises de água. F.J.O. Maia. Dissertação de Mestrado. IPEN/USP – Universidade de São Paulo. 122 pp. (2003)

Disponível em:

http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Francisco%20Jose%20de%20Oliveira%20Maia_M.pdf

Uma forma ambientalmente correta de se gerenciar paradas gerais para manutenção na indústria de celulose. T.H. Furley; A.C. Oliveira Filho; E.S. Montenegro. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2003)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/43_2003_Gerenciamento%20de%20Paradas.pdf

Uma forma ambientalmente correta de se gerenciar paradas gerais para manutenção na indústria de celulose. T.H. Furley; A.C. Oliveira Filho; E.S. Montenegro. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (2003)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/44_2003_Gerenciar%20paradas%20gerais.pdf

Fechamento de circuito: solução inteligente. O uso de membranas para re-uso. H. Yamaguchi. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 46 slides. (2003)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/45_2003_Fechamento%20circuitos%20e%20membranas.pdf

Fechamento de circuito: solução inteligente. Redução do consumo de água e efluentes. Case Aracruz. A.C. Oliveira Filho. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 30 slides. (2003)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/46_2003_Case%20Aracruz.pdf

Tratamento de efluentes com plantas aquáticas emergentes. W. Gerber; M. Gerber; G. Schulz. Ecocell Projetos e Consultoria Ambiental. 14 pp. (2003)

Disponível em:

<http://www.ecocell.com.br/PDF/PAE%202003.pdf>

Eco-eficiência na indústria de celulose e papel – Estudo de caso. Z.C. Piotto. Tese de Doutorado. USP – Universidade de São Paulo. 379 pp. (2003)

Disponível em:

http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/teses/tese_zeila_c_piotto.pdf

Uso de membranas no tratamento de efluentes para re-uso. H. Yamaguchi. Seminário Fechamento de Circuitos. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (2002)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/47_2002_Tratamento%20Membranas.pdf

Energy consequences in a minimum effluent market kraft pulp mill. U. Wising; T. Brentsson; A. Asblad. Tappi Journal (November). 28 pp. (2002)

Disponível em:

http://www.tappi.org/content/journal/2002/tj/11nov02/wising_energy.pdf

Treatment of the effluent from a kraft bleach plant with the white-rot fungus *Pleurotus ostreatoroseus* Sing. A.Z. Santos; C.R.G. Tavares; S.M.

Gomes-da-Costa. Brazilian Journal of Chemical Engineering 19(4): 371-375. (2002)

Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/bjce/v19n4/13376.pdf>

O valor econômico da água: impactos sobre o setor industrial nacional. CNI – Confederação Nacional da Indústria. 76 pp. (2002)

Disponível em:

<http://www.sinmetal.co NI.pdf>

Pulp and paper industry: water use and wastewater treatment trends. K. Ravi. Frost & Sullivan. (2002)

Disponível em:

<http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?Src=RSS&docid=JEVS-5N2HR7>

Performance da ETE VCP-Luiz Antônio após modernização. L. Nalim. 5º Seminário de Meio Ambiente em Indústrias de Processo. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 24 slides. (2002)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/48_2002_ETE%20VCP%20Luiz%20Antonio.pdf

Custos e impactos com a cobrança da água - Preocupações e soluções. A.C. Oliveira Filho; T.H. Furley. Seminário Fechamento de Circuito. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 37 slides. (2002)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/49_2002_Cobranca%20agua.pdf

Tratamento do efluente alcalino do branqueamento da polpa de celulose pelo processo de separação por membranas. K.M. Almeida. Dissertação de Mestrado. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 139 pp. (2002)

Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2322/000368109.pdf?sequence=1>

The effects of wood extractives on system closure. B B. Sithole; L. Allen. TAPPSA Journal (September). (2002)

Disponível em:

http://www.tappsa.co.za/archive/Journal_papers/The_effects_of_wood/the_effects_of_wood.html

BREF Pulp and Paper – Reference document on best available techniques in the pulp and paper industry. The European IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. 509 pp. (2001)

Disponível em:

ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/ppm_bref_1201.pdf (Versão de Dezembro 2001)

e

http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/bref_pap/english/bref_cadres.htm (Outra alternativa para descarregar documento)

e

http://www.ippc-russia.org/public/cluster07/04_Pulp_and_paper.pdf (Outra alternativa para descarregar documento)

e

http://natura.minenv.gr/batelv/Docs/Paper_making_ET.PDF (Paper mill emerging technologies)

Tratabilidade de efluentes provenientes de duas sequências ECF de branqueamento de celulose kraft de eucalipto. L.C. Souza. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 86 pp. (2001)

Disponível em:

<http://doc-0k-94->

docsviewer.googleusercontent.com/viewer/securedownload/dsn1aovipa71846lsfcf94nedj8q2p4u/385kpr8jh78hb8itopbuuaokpl0f2rg3/1305892800000/Ymw=/AGZ5hq8BgbJY1gwaOYx83cPOdNw6/QRHRUVTaXFDV1A5N20wSGJ4akJtWmFiM2dRZGdWSkVyVzNRUVdUTWFGNUM3NVhuQnRqYi1mN3dkQjBHOu5ILTVBZzFwV3hUcG9INEVGbHlwRXICSExzWGZIVU8wY0hXX3FMTEJXb3RFZzhPam9xVTIZRzlsVEszQk9DQk9SczM2Vm45dkpqQWFRY0c=?a=dl&filename=168538f.pdf&sec=AHSqidbpcqTYA_bPzR9uMANrWYhrmZvlb2jSO2cpS_Cf8N0SwYsMRZV2biwsV6iumIf9q0KZYgm3

Aspectos ambientais relacionados aos efluentes líquidos das indústrias de celulose e papel: o estado da arte. M.A. Nolasco; E.C. Pires; A.M. Springer. Revista ABES 6(1-2): 17-22. (2001)

Disponível citação em:

http://bib.pucminas.br/biblioteca/php/pbasbi2.php?codAcervo=321019&codBib=,&codMat=,&flag=&desc=&titulo=Pesquisa%20por%20Autoridade&contador=&tipo=&letra=&cod=1&texto=subd&posicao_atual=1&posicao_maxima=3

Economia de recursos hídricos. A.E. Lanna. IPH/UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (2001)

Disponível em:

<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hidp04/EcoAgua1.pdf> (Parte 1. 177 pp.)

<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hidp04/EcoAgua1.pdf> (Parte 2. 144 pp.)

Estudo da tratabilidade de efluentes de duas sequências de branqueamento com fechamento parcial dos filtrados. L.C. Souza; C.M. Silva; C.P. Jordão; A.B. Landim; M.M. Costa. 34º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (2001)

Disponível em:

[http://www.celso-](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/50_2001_Tratabilidade%20efluentes%20sequencia%20branqueamento.pdf)

[foelkel.com.br/artigos/outros/50_2001_Tratabilidade%20efluentes%20sequencia%20branqueamento.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/50_2001_Tratabilidade%20efluentes%20sequencia%20branqueamento.pdf)

Recuperação do efluente da secagem. A.B. Landim; J.M. Leite Neto; R.S. Almeida. O Papel (Junho): 67-75. (2001)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/51_2001_Recuperacao%20Efluente%20Secagem.pdf

Análise da influência e do acúmulo dos elementos não processuais (NPEs) em sistemas de branqueamento totalmente livre de cloro (TCF): estudo de caso com fechamento de circuito. M.S. Rabelo; A.F. Morgado; J.M. Neves. 34º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2001)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/52_2001_Acumulo%20elementos%20nao%20processuais.pdf

Utilização do efluente da indústria de celulose e papel em irrigação. Uma revisão. A.A.P. Rezende; A.T. Matos; C.M. Silva. 33º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/52A_2000_Utilizacao%20Efluente%20Irigacao.pdf

Estudos preliminares de tratamento de condensados contaminados de fábricas de celulose kraft utilizando-se um biorreator de membranas. J.C.T. Dias; C.M. Silva; V.R. Linardi. 33º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 09 pp. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/53_2000_Tratamento%20Condensados%20Contaminados.pdf

Uma revisão sobre aspectos ambientais relacionados aos efluentes líquidos das indústrias de celulose e papel. M.A. Nolasco; E. C. Pires; A.M. Springer. O Papel (Setembro): 70-76. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/54_2000_Revisao%20aspectos%20ambientais.pdf

Fechamento do circuito de águas do processo de fabricação de papel. B.M. Arantes; J.L. Miranda; N. Perez; R.D. Souza; F.J. Nery; A.M. Patar; V.M. Ribeiro. O Papel (Outubro): 79-85. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/55_2000_Fechamento%20Circuito%20Aguas.pdf

Fechamento de circuito de água. N.R. Lima. Seminário Fechamento de Circuito. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 29 pp. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/56_2000_Fechamento%20Circuito%20Agua.pdf

Branqueamento de eucalipto com baixo efluente e efeito na recirculação de filtrado no balanço de materiais e energia. L.D. Shackford; S. Minami; C.A. Santos. 3º Seminário de Meio Ambiente. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (2000)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/57_2000_Branqueamento%20Baixo%20Efluente.pdf

State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. K.V. Rajeshwari; M. Balakrishna; A. Kansal; K. Lata; V.V.N. Kishore. Renewable and Sustainable Energy Reviews 4: 135-156. (2000)

Disponível em:

<http://www.gch.ulaval.ca/bgrandjean/gch20273/chap10/lecture.pdf>

Tratamento biológico e físico-químico para re-uso dos efluentes do estágio de branqueamento. E.C. Pires; L. Nalim. 32º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (1999)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/58_1999_Tratamento%20Reuso%20Efluente%20D.pdf

Avaliação ecotoxicológica e mutagênica de efluentes gerados no branqueamento da celulose. S.M. Gonçalves; J.A.P. Henriques; C. Foelkel. 32º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 19 pp. (1999)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%201999b.pdf>

Recycling of water in bleached kraft pulp mills by using electro dialysis. S.-P. Tsai; P. Pfromm; M.P. Henry; A.T. Fracaro. TAPPI International Environmental Conference. 11 pp. (1999)

Disponível em:

<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/12395-o5higW/webviewable/12395.pdf>

Sustainable effluent-irrigated plantations. An Australian guideline. B.J. Myers; W.J. Bond; R.G. Benyon; R.A. Falkiner; P.J. Polglase; C.J. Smith; V.O. Snow; S. Theiveyanathan. CSIRO Forestry and Forest Products. 293 pp. (1999)

Disponível citação em:

<http://www.csiro.au/resources/Effluent-Irrigation.html>

Standard methods for the examination of water and wastewaters. AWWA; AHPA; WEF. 1200 pp. 20ª edição. (1998)

Disponível em:

<http://www.umass.edu/tei/mwwp/sop.html> (Massachusetts Water Watch Partnership disponibiliza alguns dos principais métodos online)

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo; C.E.B. Foelkel; S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. (1998)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1998.%20Elementos%20minerais%20Andr%E9.pdf>

Avaliação ecotoxicológica e da genotoxicidade de produtos químicos frequentemente utilizados nos processos de cozimento e branqueamento de celulose kraft. L. Stenzel; C. Foelkel; V.R.B. Gallardo. 31º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp.: 459-471. (1998)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Artigo%20T%E9cnico%20ABTCP%201998.pdf>

Reduction of fresh water consumption in pulp and paper production.

G. Lindholm. Paperi ja Puu 80(4): 260-263. (1998)

Disponível citação em:

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2271897>

Avaliação e tratamento por floculação com sulfato de alumínio ou cloreto férrico do efluente bruto neutralizado de uma indústria de celulose e papel. S.M.B. Frizzo; D.M.M. Flores. 30º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp.: 341-349. (1997)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1997.%20flocula%E7%E3o%20efluente%20Sonia%20e%20Drot%E9ia.pdf>

Considerações sobre a ecotoxicologia e mutagenicidade do sulfato de alumínio férrico. L. Stenzel; C. Foelkel; V.R.B. Gallardo. 30º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp.: 363-375. (1997)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Artigo%20T%E9cnico%20ABTCP%201997.pdf>

Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada. A. Freddo.

Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 85 pp. (1997)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/UFSM%20%20Andre%20Freddo.pdf>

Minimum-impact mills: issues and challenges. P. Axegard; J. Carey; J. Folke; P. Gleadow; J. Gullichsen; D.C. Pryke; D.W. Reeve; B. Swan; S. Uloth. Minimum Effluent Mills Symposium. Tappi – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 13 pp. (1997)

Disponível em:

<http://www.p2pays.org/ref/18/17842.pdf>

http://www.tappi.org/content/pdf/member_groups/Pulp/97MinImpMillsAxegard.pdf

Effluent minimization – A little water goes long way. S. Chandra. Tappi Journal 80(12): 37-42. (1997)

Disponível em:

<http://www.ambienteysdesarrollo.com.ar/faq/Documentos/MinimizacionEfluente.pdf>

Avaliação do desempenho de sistemas de tratamento de esgotos no D.F. que utilizam processo de disposição no solo. S.P. Sampaio; F.P. Scárdua; R.S. Bernardes. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. pp.: 3537-3542. (1997)

Disponível em:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-150.pdf>

Tecnologias de branqueamento livre de cloro ainda mantêm obstáculos ao fechamento de sistemas de águas. P. Capo. O Papel (Novembro): 52-56. (1997)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/59_1997_Tecnologias%20TCF%20fechamento%20circuitos.pdf

Uma nova visão para fechamento de circuito. N.R. Lima. Seminário Internacional sobre Fechamento de Circuito. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1997)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/60_1997_Nova%20Visao%20Fechamento%20Circuito.pdf

Fechamento de circuitos na indústria de celulose e papel. C.M. Silva. O Papel (Julho): 35-37. (1997)

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/61_1997_Fechamento%20circuitos%20industria%20celulose.pdf

Compostos organoclorados em efluentes da indústria de papel e celulose degradam anaerobicamente? G. Guaglianoni; E.C. Pires. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. pp.: 569-581. (1997)

Disponível em:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/celulosa.pdf>

Pulp fact. Environmental implications of the paper cycle. N. Dudley; S. Stolton; J.-P. Jeanrenaud. WWF International. 51 pp. (1996)

Disponível em:

<http://www.equilibriumresearch.com/upload/document/pulpfact.pdf>

Towards zero-effluent pulp and paper production. The pivotal role of totally chlorine free bleaching. P.A. Johnston,; R. L. Stringer; D. Santillo; A.D. Stephenson; Irina. P. Labounskaia; H. M.A. McCartney. Greenpeace. Technical Report 7/96. (1996)

Disponível em:

<http://archive.greenpeace.org/toxics/reports/tcf/tcf.html>

Comparison of powdered activated carbon and activated sludge treatment of a kraft pulp mill wastewater. B.R. Graham. Dissertação de Mestrado. University of Ottawa. 186 pp. (1996)

Disponível em:

<http://www.ruor.uottawa.ca/fr/bitstream/handle/10393/10257/MM16442.PDF?sequence=1>

Aplicação de processos com membranas na indústria de polpa e papel. L. E.C. Lage; G.L. Sant'Anna Jr.; R. Nobrega. O Papel (Março): 25-29. (1996)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/62_1996_Processos%20com%20membranas.pdf

Contribuição ao estudo de efluentes de indústrias de celulose e papel. S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva; C.E.B. Foelkel. Ciência Florestal 6(1): 129-136. (1996)

Disponível em:

<http://www.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v6n1/art12v6n1.pdf>

Avaliação da eficiência ambiental de uma fábrica de papel e celulose sulfato branqueada. C.A.S.A. Santos; R.A. Quadros; U. Cinque. 29º Congresso Anual ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp. 495-510. (1996)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/19_1996_eficiencia%20ambiental%20fabricacao%20polpa%20e%20papel.pdf

Wetlands, best management practices, and riparian zones. J.A. Vomocil. Water Quality Conference. Oregon State University. 160 pp. (1996)
Disponível em:
http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/6068/SR%20no.%20957_ocr.pdf?sequence=1

Environmental comparison of bleached kraft pulp manufacturing technologies. Paper Task Force. Environmental Defense Fund. 85 pp. (1995)
Disponível em:
http://www.papercalculator.org/documents/1626_WP5.pdf

Recuperação de perdas na indústria de celulose e papel. Comissão Técnica de Meio Ambiente. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. O Papel (Janeiro): 25-27. (1995)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/63_1995_Recuperacao%20perdas%20industria%20celulose.pdf

Propriedade mutagênica de efluentes de indústrias de celulose ou integradas - uma revisão. J. Rosa; E.C. Pires. O Papel (Julho): 51-62. (1995)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/64_1995_Propriedades%20mutagenicas%20efluentes.pdf

Fechamento do circuito de efluentes do branqueamento. Um passo para a fábrica "fechada" ou fábrica com impacto "zero". M.M. Leite. O Papel (Janeiro): 39-43. (1995)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/65_1995_Fechamento%20efluentes%20branqueamento.pdf

Fechamento de circuito de águas numa fábrica de papel kraft e sua influência no processo. C. Gonçalves; J.M. Neves. O Papel (Novembro): 61-73. (1995)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/66_1995_Fechamento%20circuito%20aguas%20papel%20kraft.pdf

O conceito de fábrica de polpa kraft branqueada isenta de efluentes. Uma revisão. Parte I. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; A.S.C.H. Brito. O Papel (Abril): 34-40. (1995)
Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/67_1995_Fabrica%20polpa%20kraft%20%20isenta%20efluentes%201.pdf

O conceito de fábrica de polpa kraft branqueada isenta de efluentes. Uma revisão. Parte II: Aspectos tecnológicos. A.H. Mounteer; J.L. Colodette; A.S.C.H. Brito. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 37 pp. (1995)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/68_1995_Fabrica%20polpa%20kraft%20%20isenta%20efluentes%202.pdf

Controle setorial dos efluentes hídricos de uma fábrica de papel e celulose sulfato branqueada. U.C. Cinque; C.M. Silva; L.J.C. Quaglia. O Papel (Abril): 28-33 . (1995)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/69_1995_Controle%20setorial%20efluentes%20hidricos.pdf

Balanco de metais e não metais numa fábrica de celulose kraft. Um conceito para circuito fechado. V.M. Sacon; J.W. Ventura; F. Heinrich. 28º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 941-955. (1995)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/70_1995_Balanco%20metais%20e%20nao%20metais.pdf

A aplicação do tratamento anaeróbio em efluentes da indústria de papel e celulose. L.G. Guaglianoni; E.C. Pires; M.A. Nolasco. O Papel (Setembro): 54-59. (1995)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/71_1995_Aplicacao%20tratamento%20anaerobio.pdf

Proposição para redução do teor de cloretos e de elementos traço de efluentes de indústria de celulose kraft branqueada. S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel; M.C.M. Silva; A.F. Martins. 28º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp. 623-628. (1995)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1995.%20remo%E7%E3o%20cloretos%20e%20elementos%20tra%E7o.pdf>

Metodologia alternativa para o tratamento de efluentes de indústria de celulose kraft. S.M.B. Frizzo; M.C.M. Silva; A.F. Martins; C.E. Foelkel. Ciência Florestal 4(1): 157-166. (1994)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ciencia_florestal/metodologia%20alternativa%201994.pdf

Minimum environmental impact via Riocell's advanced tertiary level wastewater treatment. C. Foelkel. PAPFOR 94. Rússia. 15 pp. (1994)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Minimum%20environmental%20impact%20mill%201994.pdf>

Pollution prevention technologies for the bleached kraft segment of the U.S. pulp and paper industry. J. Woodman. E.P.A. – Environmental Protection Agency. 190 pp. (1993)

Disponível em:

<http://www.p2pays.org/ref/02/01128/01128.pdf>

Tecnologia de osmose reversa para tratamento de efluentes hídricos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. A.F. Lima; C.A.M. Gaia; M.R. Mensch; N.R. Lima; S.M. Vezzani. 26º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 545-563. (1993)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/73_1993_Tecnologia%20%20osmose%20reversa.pdf

Remoção eletrolítica de cor: sim, não, ou talvez? E.C. Pires; A. Springer; V. Hand. 26º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 533-544. (1993)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/74_1993_Remocao%20eletrolitica%20de%20cor.pdf

Processo eletrolítico para remoção de cor dos efluentes de uma unidade de branqueamento. L.G. Guaglianoni; E.C. Pires. 26º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. p. 523-532. (1993)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/75_1993_Processo%20eletrolitico%20para%20remocao%20de%20cor.pdf

Otimização do consumo de energia no tratamento secundário de efluente da Aracruz Celulose. M.M. Lima; A.C. Oliveira Filho; L.F.T. Pinto; R.G. Neves; D.A. Barton. 26º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp. 501-510. (1993)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/76_1993_Otimizacao%20consumo%20energia.pdf

Bioprocessing of pulp and paper mill effluents—past, present and future. A.M. Springer. Paperi ja Puu 75(3): 156-161. (1993)

Disponível citação em:

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=4626389>

Utilização de coadjuvantes de floculação alternativos no tratamento de efluentes de indústria de celulose e papel. S.M.B. Frizzo; C.E.B. Foelkel; A.F. Martins. 26º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. pp. 581-588. (1993)

Disponível em:

[http://www.celso-](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1993.%20Coadjuvantes%20flocula%E7%E3o%20Sonia.pdf)

[foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1993.%20Coadjuvantes%20flocula%E7%E3o%20Sonia.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1993.%20Coadjuvantes%20flocula%E7%E3o%20Sonia.pdf)

Investigação sobre a floculação/clarifloculação de efluente secundário biológico, utilizando carvão ativo, resíduos sólidos e excedente do processo de indústria de celulose kraft branqueada.

S.M.B. Frizzo. Dissertação de Mestrado. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. 159 pp. (1993)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ufsm/Sonia%20Maria%20B.Frizzo.pdf>

Decolorization of kraft bleach plant E1 stage effluent in a fungal bioreactor. M.C. Cammarota; G.L. Sant'Anna Jr. Environmental Technology 13(1): 65-71. (1992)

Disponível resumo em:

<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a906896317>

Effluents from pulp mills using bleaching. Canadian Environmental Protection Act. 71 pp. (1991)

Disponível em:

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/pulp_mill_effluents_pate_blanchie/pulp_bleaching-pate_blanchie-eng.pdf

Disposição ao solo do efluente líquido da indústria de celulose. P.T.C. Louzada; M. Tedesco; C. Gianello; A.F. Lima. 24º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1991)

Disponível em:

[http://www.celso-](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/77_1991_Disposicao%20solo%20efluente%20liquido.pdf)

[foelkel.com.br/artigos/outros/77_1991_Disposicao%20solo%20efluente%20liquido.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/77_1991_Disposicao%20solo%20efluente%20liquido.pdf)

European paper industry moving to tertiary levels of effluent treatment. D. Landry. Pulp and Paper Canada 91(9): 22-26. (1990)

Disponível citação em:

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=19366510>

Tratamento secundário de efluentes hídricos através do sistema de lodo ativado em reator fechado. J. Herrera; E. Ratnieks; N.R. Lima; V.R. Menegotto. 17º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1984)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/78_1984_Tratamento%20secundario%20Riocell.pdf

Experiência de tratamento avançado de efluentes em fábrica de celulose kraft. J. Herrera; E. Ratnieks; V.R. Menegotto. 16º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 24 pp. (1983)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/79_1983_Tratamento%20avancado%20Riocell.pdf

Modelagem matemática para determinação simplificada da qualidade de efluentes hídricos. J. Herrera; E. Ratnieks; L.R.A. Luz. 15º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (1982)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/80_1982_Determinacao%20simplificada%20efluentes.pdf

Um processo de se melhorar a qualidade de efluentes do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. C.E.B. Foelkel. O Papel (Maio): 51-54. (1981)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Processo%20melhorar%20qualidade%20efluentes%20branqueamento%20celulose.pdf>

Influência do pH na qualidade do efluente hídrico da fabricação de celulose kraft. M.L. Teixeira; C.E.B. Foelkel; A.J. Regazzi. 13º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 60 pp. (1980)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/81_1980_Influencia%20pH%20%20qualidade%20efluente.pdf
e
<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1980.%20Influ%EAncia%20pH%20efluente%20h%EDdrico.pdf>
f

Remoção de cor em efluentes de fábricas de celulose e papel que utilizam o processo kraft. V. M. Grieco; V.A. Lorenti; A.F.C.M. Campos; J.A. Gomes. 12º Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (1979)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/82_1979_Remocao%20cor%20efluentes%20celulose.pdf

Considerations in process water reuse in non-integrated paper manufacturing. A.M. Springer. Paperi ja Puu 60(11): 705-716. (1978)

Advanced technique costs in reducing bleached kraft pollution. F.G. Hurtubise; F. Wable; Y. Kuninaka; P. Henri-Robert; S. Freyschuss; G. Webster; I. Koljonen. OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. Paper Trade Journal (Junho): 32-33. (1973)

Effect of cooling towers effluents on atmospheric conditions in northeastern Illinois. F.A. Huff; R.C. Beebe; D.M.A. Jones; G.M. Morgan Jr.; R.G. Semonin. Circular 100. Illinois State Department of Registration and Education. 39 pp. (1971)

Disponível em:

<http://www.isws.illinois.edu/pubdoc/C/ISWSC-100.pdf>

Análise do ciclo de vida do papel. Revisão de uma importante ferramenta para controle e redução de impactos ambientais. J.C.A. Mieli; C.M. Silva; R.C. Oliveira. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/83_Analise%20do%20Ciclo%20de%20Vida%20do%20Papel.pdf

Atualização para operadores de estações de tratamento de efluentes. N.R. Lima. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 38 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/84_Apostila%20Curso%20Operadores%20de%20ETE.pdf

INPA – Ações implementadas para o reuso de água na fábrica. J.H.T. Camacho. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/85_Viabilizacao%20Reuso%20de%20Agua.pdf

O sistema de cal em fábricas com fechamento de circuitos na indústria de celulose. A. Oliveira. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/86_Sistema%20de%20cal%20e%20fechamento%20circuitos.pdf

Reutilização de água branca de fábrica de papel integrada por meio de ultrafiltração. C.R. Oliveira; C.M. Silva; M.D. Rabelo; A.F. Tiesehausen; V.H. Rossoni; J.L. Colodette; A.F. Milanez. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/87_Reutilizacao%20agua%20branca%20ultrafiltracao.pdf

Quanta água uma empresa pode economizar? Revista Nosso Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 02 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/88_Quanta%20agua%20se%20pode%20economizar.pdf

Aplicação de processos híbridos: membranas/biológicos na indústria de celulose e papel. L.E.C. Lage; A.G. Araújo; R.M.H. Borges; G.L. Sant'Anna Jr.; R. Nóbrega. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 11 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/89_Processos%20Hibridos%20Membranas.pdf

Organoclorados em fábricas de celulose. Comitê de Efluentes. Revista O Papel. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 04 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/90_Organoclorados%20fabricas%20celulose.pdf

Monitoramento ecotoxicológico de efluentes, resíduos e insumos de uma fábrica de celulose kraft branqueada. V.R.B. Gallardo. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 05 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/90_Organoclorados%20fabricas%20celulose.pdf

Fechamento de circuitos de águas na indústria de celulose. C.M. Silva. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 117 slides. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/93_Fechamento%20de%20Circuitos%20Aguas%20Industria%20Celulose.pdf

Fechamento de circuitos de águas em máquinas de papel. Projenet Engenharia/ABTCP. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 15 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/94_Fechamento%20circuitos%20Maquina%20Papel.pdf

Estudos para fechamento de circuito na Riocell. V. Beine. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 19 slides. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/95_Estudos%20Fechamento%20Circuito%20Riocell.pdf

Estação de tratamento de efluentes da VCP - Unidade Jacareí. Z.C. Piotto; F.G. Barbosa; F.R. Pereira. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 06 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/96_Estacao%20tratamento%20efluentes%20VCP%20Jacarei.pdf

Economia de água e energia em fábricas de papel e celulose. J. Nery. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 16 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/98_Economia%20Agua%20energia.pdf

Controle ambiental no setor de celulose e papel. N.R. Lima. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/99_Controle%20Ambiental.pdf

Identificação de compostos orgânicos presentes nos efluentes de branqueamento de pasta celulósica. M.C.S. Amaral; L.V.S. Santos; L.H. Andrade; L.C. Lange; V.F. Knupp. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/100_Compostos%20organicos%20efluentes%20branqueamento.pdf

Balanco da toxicidade dos efluentes setoriais da Aracruz Celulose. T.H. Furley; A.C. Oliveira Filho; J.I. Effigenz. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/101_Balanco%20toxicidade%20efluentes%20setoriais%20Aracruz.pdf

Progress towards minimizing mill effluent. D.R. Lazar; B.F. Griggs. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 08 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos_outros27.html

Zero discharge: technological progress towards eliminating kraft pulp mill liquid effluent, minimizing remaining waste streams and advancing worker safety. J. Ritchlin; P. Johnston. Reach for Unbleached!; Zero Toxics Alliance Pulp Caucus; Greenpeace International. 50 pp. (Sem referência de data).

Disponível em:

<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/1999/2/zero-discharge-technological.pdf>

Cobrança pelo uso da água: “experiência internacional e nacional”. V.A. Gurgel. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. 17 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/mesa3/3.pdf

Conservação e reuso de água. Manual de orientações para o setor industrial. FIESP/CIESP – Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. 90 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>

Minerais, qualidade da madeira e novas tecnologias de produção de celulose. C. Foelkel. Grau Celsius. Apresentação em PowerPoint: 15 slides. (Sem referência de data)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Minerais%20e%20fechamento%20de%20circuitos.pdf>

Flocculation / precipitation studies with a biological secondary effluent from a bleached kraft pulp mill. S.M.B. Frizzo; C. Foelkel. 03 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Artigo%20Outros%2001.pdf>

Riocell’s effluent treatment system: one of the most complete in the world pulp industry. C. Foelkel. 02 pp. (Sem referência de data)

Disponível em:

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Riocell%27s%20effluent%20treatment%20system.pdf>

Best Available Techniques (BAT) in European environmental legislation. A. Ruonala-Lindgren. ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (s/d = sem referência de data)

Disponível em:

http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/47_sd_bats%20e%20bref.pdf

Introdução ao processo de obtenção de celulose. CeluloseOnline. 32 pp.
(Sem referência de data)

Disponível em:

<http://www.crq4.org.br/sms/files/file/dc417.pdf>

Treatment of pulp and paper mill effluent using constructed wetland.
P.C. Prabu; C. Udayasoorian. Electronic Journal of Environmental, Agriculture
and Food Chemistry. pp.: 1690-1701. (Sem referência de data)

Disponível em:

http://ejeafche.uvigo.es/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,7/Itemid,33/

Perspectives on the pulp and paper industry. D.C. Pryke. AET
Technologies. Apresentação em PowerPoint: 42 slides. (Sem referência de
data)

Disponível em:

<http://www.documents.dgs.ca.gov/pd/epp/PaperForum/PulpandPaper.pdf>



Boa sorte e obrigado...
Até o próximo capítulo.

