Eucalyptus Online Book & Newsletter

Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose e Papel de Eucalipto

Parte 02: Fatores de sucesso para seu gerenciamento

Celso Foelkel

www.celso-foelkel.com.br
www.eucalyptus.com.br
www.abtcp.org.br

Novembro 2008

Empresas patrocinadoras:

Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose e Papel de Eucalipto

Parte 02: Fatores de sucesso para seu gerenciamento

Celso Foelkel

CONTEÚDO

- INTRODUÇÃO
- RESÍDUOS & RESÍDUOS: QUANTO TEMOS REALMENTE DELES EM NOSSAS FÁBRICAS?
- PONTOS CHAVES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL
- ETAPAS PARA UMA ESTRATÉGIA DE SUCESSO PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL
- MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM NOSSAS FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL
- FATOS RELEVANTES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS
- DISPOSIÇÃO FINAL EM ATERROS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS
- RESÍDUOS SÓLIDOS NÃO PROCESSUAIS
- ALGUNS CASOS DA VIDA REAL EXEMPLIFICANDO SITUAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL DE EUCALIPTO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS
- AGRADECIMENTOS
- REFERÊNCIAS DA LITERATURA E SUGESTÕES PARA LEITURA

Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose e Papel de Eucalipto

Parte 02: Fatores de sucesso para seu gerenciamento

Celso Foelkel
www.celso-foelkel.com.br
www.eucalyptus.com.br
www.abtcp.org.br

INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos: sempre tenho boas histórias vivenciadas para contar sobre eles

Todos conhecemos a enorme capacidade que nossa sociedade humana conseguiu desenvolver para gerar resíduos. Diz-se mesmo, que no futuro, com o aumento vertiginoso da população mundial, que o lixo e suas conseqüências deverão ser um dos grandes problemas a ser administrado pelos humanos.

Resíduos são gerados em praticamente todas as operações (agrícolas, industriais, mineração, serviços, etc.), bem como em nossas atividades caseiras e profissionais. Isso porque são raríssimos em nossa sociedade os balanços de massa que não gerem ineficiências e perdas. Esses nossos desperdícios ocorrem até mesmo naturalmente, inocentemente ou deliberadamente. Toda perda, toda ineficiência, gera maiores consumos de

matérias-primas e oferece parte delas como resíduo ou poluição. O fenômeno é conhecido e até mesmo passivamente aceito pelo homem. Em função de nossa cultura perdulária e desperdiçadora em relação aos recursos naturais, fomos aceitando o lixo como algo inevitável, até mesmo como algo natural dentro de nossa sociedade.

Hoje, com mais de 6 bilhões de pessoas vivendo no planeta, com os sérios sinais de degradação da natureza que vamos encontrando no nosso dia-a-dia, as coisas começam a nos forçar a novos rumos, novas posturas, novas maneiras de se fazer o que estamos fazendo de forma ineficiente. A sujeira nossa de cada dia precisa ser diminuída, retrabalhada, gerenciada e até mesmo reaproveitada. Qualquer lixo tende a ocupar espaço na natureza e a consumir recursos naturais ao longo de sua existência. Além disso, por mais aterrado ou protegido que esteja, o lixo consiste em um passivo ambiental para ser administrado e monitorado pelo resto de sua existência. O encapsulamento do lixo em aterros industriais ou sanitários, o monitoramento continuado em termos de gases liberados ou lençóis de água contaminados, os efeitos sobre a saúde da população circunvizinha e sobre a biodiversidade, tudo isso passa a virar obrigações do gerador do lixo e de quem o depositou para "guarda eterna". Ainda pior, sabemos hoje que a taxa de degradação de resíduos aterrados é muito lenta, faltam condições adequadas para que ocorra uma compostagem natural eficiente. Por isso, o lixo tanto se degrada como se mumifica nos aterros. Dizem isso os praticantes de uma nova ciência, a "garbologia" (originária de garbage = lixo), ou "lixologia" para nós brasileiros.

É muito comum vermos reportagens sobre os diversos tipos de lixo e mostrando tempos de decomposição para o papel, o plástico, a madeira, etc. Entretanto, esses tempos relatados são válidos quando estamos tendo mecanismos estimuladores para essa degradação. Por exemplo: diz-se que um cigarro quando jogado ao lixo demora de 4 meses a 2 anos para ser totalmente decomposto por fungos e bactérias. Contudo, se esse mesmo cigarro for jogado em um lixão ou aterro com baixa taxa de degradação, ele pode durar dezenas de anos intacto, mantendo até mesmo seu formato original. Inacreditável, mas é exatamente isso que as pesquisas dos garbólogos têm demonstrado em muitos lixões.

Resíduos para serem decompostos naturalmente necessitam de luz solar, umidade, microrganismos, abrasão, erosão, reações químicas, etc. Quando esses fatores de degradabilidade não são oferecidos, o lixo tende a se mumificar. Por essas razões, muitas pesquisas têm surgido sobre a problemática do lixo, em como tratá-lo, dispô-lo, recuperá-lo e reduzi-lo.

Os resíduos sólidos representam quase sempre grandes problemas de diversas conseqüências negativas que podem representar contaminações do solo, da água, do ar, doenças para a população e riscos para a vida vegetal e animal. A contaminação ao ar ocorre pela liberação de gases da decomposição, especialmente o gás carbônico e o metano. Esses gases são resultado da decomposição da matéria orgânica. Além de serem gases

causadores do "efeito estufa", podem trazer incômodo, doenças e até mesmo causarem explosões, já que o metano é altamente inflamável.

O solo é outro patrimônio natural que mais é agredido em processos envolvendo resíduos sólidos. A percolação de líquidos na forma de chorumes contaminados colocam metais pesados e compostos tóxicos em direta penetração ao solo. Como as argilas conseguem reter muitos desses elementos, eles se concentram no solo. As plantas vão encontrá-los e absorvê-los por suas raízes. Com isso, cria-se um problemático ciclo de danos, não apenas ao solo, mas às plantas, animais e aos próprios humanos. Isso porque os poluentes acabam se incorporando na cadeia alimentar que tem o homem em seu ápice.

Outro grande problema causado pelos resíduos sólidos é a contaminação do lençol freático, ou até mesmo de aqüíferos, com o chorume contaminado e percolado. Esses chorumes são imprevisíveis, difícil garantir sua composição e difícil antever por onde ele correrá dentro do solo, caso encontre maneiras de penetrá-lo. A água contaminada do solo acabará chegando às nascentes, aos rios e ao consumo humano.

O quadro desenhado é bastante crítico e ele pode ser parte integrante do setor de papel e celulose, pois nosso setor é grande gerador de resíduos sólidos industriais. Eu até mesmo diria mais: somos geradores de uma enormidade de resíduos que não podem de forma alguma serem negligenciados por nossos técnicos.

A outra grande conseqüência dos resíduos sólidos são os recursos econômicos envolvidos. Na maioria das vezes, o gerador considera os resíduos como inevitáveis e se preocupa mais em quanto tem que gastar para dispor ou tratar os mesmos conforme manda a legislação. Ao pensar de forma tão restrita, o administrador do resíduo está enxergando apenas a ponta do "iceberg". Como muitos gestores são orientados para cortar custos, eles focam suas baterias para diminuir a ponta visível do "iceberg" e convivem com a enorme parte imersa e invisível do mesmo.

Resíduos são coisas boas que foram jogadas fora, na maioria das vezes, por nossa incapacidade de gerenciar ou de aproveitar as mesmas em nossos processos. Já escrevi muito sobre isso em capítulos anteriores de nosso **Eucalyptus Online Book**. Procurei lhes mostrar como somos muitas vezes ingênuos quando nos posicionamos em relação à poluição. Quase sempre nossos técnicos e gestores se orgulham de seus fantásticos investimentos em controle ambiental, por seus tratamentos primários, secundários, terciários, por seus magníficos e bem cuidados aterros de resíduos, por seus filtros de gases, etc. Tudo em perfeito cumprimento às severas legislações aplicadas às fábricas. Com isso, garantem sua certificação IS0 14.001 e se mostram responsáveis em relação ao meio ambiente. O problema é que em muitas situações não otimizadas, as milhares de toneladas de resíduos sólidos industriais geradas continuam sendo aterradas e consumindo recursos econômicos, humanos e naturais. Para aqueles que acham que estou exagerando, ao longo desse capítulo lhes

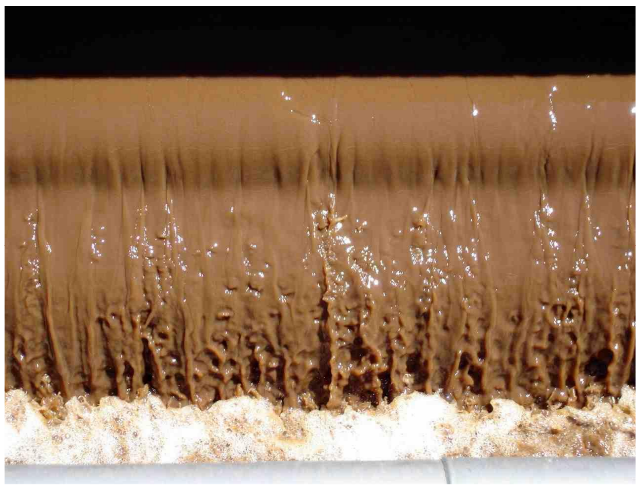
oferecerei uma série de exemplos de valoração para que possam visualizar com mais clareza o problema.

Tenho muito gosto por essa ciência de prevenção e reciclagem de resíduos sólidos nas fábricas de celulose e papel. Há razões históricas e profissionais para isso, pois em grande parte de minha carreira estive aprendendo a administrar esses resíduos. Inicialmente, de forma ingênua e primitiva, até mesmo acreditando que os resíduos eram inevitáveis, que fossem parte integrante de nossos processos industriais. Sequer eu questionava de onde vinham e como eram gerados. Tinha isso sim que achar maneiras seguras de se dispô-los, já que eram inevitavelmente gerados. Depois, com o crescimento dos problemas para disposição, passei a buscar formas de se reciclá-los, procurando descobrir usos para os resíduos. Isso me permitiu mudar de patamares tecnológicos e de obter novos posicionamentos em nosso setor em relação à reciclagem de resíduos sólidos em fábricas de celulose e de papel de eucalipto. Finalmente, há mais de uma década, passei a combater os resíduos em sua origem, nos pontos de suas gerações. Fui-me aperfeiçoando nesse tema e aprendendo a gostar de conhecer os resíduos em sua intimidade. Passei a estudar cada um, a ver como são formados, como minimizar sua geração ou então em como reciclar as sobras. Procurei entender onde as matérias-primas são perdidas no processo e os exatos pontos onde mudam de "status" de material útil para poluição ou resíduos. É exatamente aí que devemos começar a focar nossa gestão.

Vou-lhes conduzir a um exemplinho simples em uma fábrica de celulose kraft. Para diminuir a geração de lodo secundário, temos que reduzir o envio de material orgânico dissolvido para a ETE - Estação de Tratamento de Efluentes - muito simples e básico isso. Basta descobrir em nossa fábrica onde estamos perdendo demasiado licor ou filtrado contaminado para efluentes. Os efluentes de alta carga são letais como causas de poluição. Devemos encontrar onde fogem e descobrir maneiras de reter essas fugas no processo. Não se trata muitas vezes de encontrar reciclagens internas, basta apenas evitar que fujam como transbordos, derrames, vazamentos de gaxetas, tubos furados, etc. Como diria o admirável Sherlock Holmes a seu amigo, o Dr. Watson: *Elementar, não é mesmo, meu caro Watson* ? (Autoria do escritor britânico Arthur Conan Doyle).

Vejam só o exemplo da água de lavagem de efeitos da evaporação de licor preto. Se forem inadvertidamente despejados para o efluente causarão desbalanceamentos na estação de tratamento, afetarão as colônias de microrganismos pelas alterações em concentrações e o resultado será um pior resultado do tratamento e um pior efluente tratado. Além disso, estaremos jogando licor preto e sais de sódio para o lixo, como resíduos. Piora não apenas o tratamento industrial dos efluentes, mas também piora a qualidade do efluente tratado. Como presente de grego indesejável, aumenta ainda a geração de lodo secundário pela maior carga de material orgânico dissolvido a ser tratado. Além disso, aumentam os custos pelas nossas

ineficiências e trabalhos adicionais requeridos. Para solucionar o problema, basta a colocação de um tanque especial para receber essas águas de lavagem ricas em lignina e compostos sódicos. Mais tarde, ocupando o próprio sistema de recuperação, esses líquidos de lavagem poderão ser reincorporados ao processo. Estaremos com isso reduzindo a poluição hídrica, a geração de resíduos sólidos, facilitando a vida das máquinas e economizando recursos econômicos para a empresa. Em geral, os "pay-back" desses tipos de investimentos são rápidos. Não é mesmo, meu caro Watson?



Efluente rico em material orgânico:
riquezas produzidas pelas florestas que se convertem em poluição a ser tratada

Cascas e toretes de madeira perdidos no pátio de toras:
matéria-prima que vira resíduo como por um passe de mágica

Gostaria de lhes colocar um outro exemplo muito relevante em nossas fábricas de celulose e de papel. Fábricas que possuem alta geração de lodo primário devem com certeza estar com a saúde afetada. Vejam porque... O lodo primário é o somatório de três tipos de perdas em nossas fábricas: fibras, cargas minerais e terra. As fibras podem estar sendo perdidas em

inúmeros locais de nosso processo, basta apenas descobrir onde e reintegrá-las ao processo. Afinal, elas são caríssimas, são nossos produtos finais ou nossas principais matérias-primas. Jamais deveriam deixar nosso processo. Escrevemos um capítulo todo em nosso livro sobre elas.
Vejam em: http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT06_fibras_refugos.pdf

O mesmo raciocínio é válido para as cargas minerais da fabricação do papel. Caulim, carbonato de cálcio, dióxido de titânio, etc. ao efluente demonstram até mesmo falta de responsabilidade técnica de quem opera nossas fábricas. Terra não é uma perda de processo, mas ela sai de nossos ricos solos florestais ou dos pátios de nossa fábrica. É comum que se tenham contaminações de terra nas toras de madeira: elas podem vir do pátio de madeira ou das nossas próprias florestas, em ambos os casos como contaminantes indesejáveis. Quanto representa essa terra toda que sai como lodo primário e somos obrigados a aterrá-la, gastando dinheiro para isso ? Uma terra de solo bom, quando sai como lodo primário vira resíduo industrial, muda de classificação. Uma coisa boa, vira de imediato poluição. Não contente só com isso, a terra sai como lodo úmido, aumenta dramaticamente de peso e de volume para ir ao aterro.

Mais uma vez a solução está em:

- Reduzir perdas de fibras no processo industrial;
- Reduzir perdas de cargas minerais no processo industrial;
- Reduzir a entrada de terra na fábrica, junto às toras de madeira;
- Reduzir a entrada de material orgânico como galhos, folhas, etc. que chegam junto às toras e que acabam se incorporando no efluente bruto;
- Reduzir a remoção de solo na área de pátio de toras.

Algumas coisas ficam para serem resolvidas na fábrica de celulose ou papel, outras na área florestal. Os florestais possuem responsabilidades na qualidade da madeira, mas não é apenas na densidade básica, diâmetro das toras, etc. Devem cuidar de entregar madeira limpa, isenta de terra e de resíduos da colheita. Portanto, a limpeza das toras e a geração de uma porção do lodo primário nas fábricas de celulose precisam ser resolvidas de alguma forma na área florestal. Vejam só que rede é essa nossa de geração de resíduos, inimaginável, enorme, intrincada e complexa. A área florestal pode e deve melhorar a colheita e o transporte das toras para entregá-las mais limpas. Há muitas formas para se reduzir a presença de terra, argila, folhas e galhos nas toras:

- Uso de toras grossas como travesseiros no solo para as pilhas de toras;
- Cuidados nas operações de baldeio;

- Realizar uma pequena movimentação com a grua de carregamento de toras nos caminhões para permitir que parte da terra aderida às toras caia no próprio solo florestal;
- Uso de caminhões com carrocerias abertas por baixo, com fundo falso para permitir que parte da terra vá caindo ao longo da estrada florestal, não saindo do campo e não entrando na fábrica.

Observem em números a enormidade do problema que é a entrada de terra nas fábricas de celulose junto às toras de madeira. Suponhamos que tenhamos uma contaminação de 0,05% em peso seco de terra (areia, argila) junto às toras de madeira. Seja isso acontecendo em uma fábrica de celulose kraft de 2.500 toneladas por dia. Isso significa que aproximadamente 2,5 toneladas secas de terra entram para a fábrica ao dia. Acontece que essa terra se molha na lavagem das toras e sai muito úmida como lodo primário. Com isso, aumenta em 4 a 5 vezes o seu peso seco. Logo, a terra que chega quase invisível com as toras, resultará em cerca de 12,5 toneladas ao dia como lodo primário. Acreditam agora na enormidade do problema? Por essas e outras razões, como terra é terra, melhor mantê-la no campo. Senão, sairá como lodo primário que é resíduo industrial legislado.

De qualquer forma, sempre uma certa quantidade de terra entrará nas nossas fábricas. Aquilo que entrar poderia receber um tratamento especial e não ser direcionado para a estação de tratamento de efluentes, onde acaba sendo misturado com outros contaminantes de maior toxicidade e periculosidade. Por essa razão, prefiro um tratamento tipo "kidney" ("rim") para a área de lavagem de toras. Com isso, recicla-se grande parte da água, repõem-se as perdas de água com algum filtrado limpo ou água servida, removem-se resíduos de terra e de restos vegetais (casca, folhas, galhos) e esse material sólido pode perfeitamente ser usado na jardinagem da fábrica, após compostagem. Dessa forma, não estaremos misturando coisas boas da natureza com poluição industrial que geramos nas outras fases químicas do processo.

O excedente de água dessa área e que se tiver que eventualmente ser tratado como efluente, poderia receber também um tratamento específico do tipo correspondente a um "wetland" ou "leito cultivado ou construído" (http://images.google.com.br/images?um=1&hl=pt-BR&q=leitos+construidos+efluentes+celulose). Para esse "wetland" a água do pátio de madeira e da lavagem das toras poderia ser levada para tratamento natural. Ali teria sua toxicidade reduzida e sua qualidade melhorada. Sairia limpa para ser de novo reutilizada na própria seção de lavagem de toras, ou poderia entrar junto com a água na captação para ser tratada na ETA - Estação de Tratamento de Águas e passar ao "status" de água industrial limpa. Ou seja, tudo fácil, simples, natural e limpo. E também, ambientalmente correto.

Espero que esses pequenos exemplos tenham servido para clarificar o conceito de que a solução para o problema dos resíduos sólidos não está

apenas e tão somente em se encontrar uma forma correta e legal de se aterrá-los convenientemente. Tampouco a construção de enormes estações de reciclagem podem ser a solução mais recomendada para seu problema. Tanto estações de reciclagem como aterros industriais são peças necessárias no processo de gestão de resíduos. Entretanto, a ferramenta inicial, aquela a ser utilizada em primeiro lugar, deve ser exatamente a da prevenção da geração. Devemos assim buscar "matar a geração", eliminar a fonte ou se reduzir as quantidades nos pontos onde os resíduos surgem. Chamemos a isso de ecoeficiência ou de prevenção à geração da poluição.

A poluição que não conseguirmos evitar deve ser tratada e eventualmente virar matéria-prima para subprodutos em estações de reciclagem

Antes de entrar com mais intensidade nesse capítulo, gostaria de lhes relatar algumas experiências vividas por mim ao longo de minha carreira, onde tive muitos envolvimentos com os resíduos sólidos industriais. Essa história de vida é muito rica em aprendizados e em agregação do esforço de muitas pessoas que me ajudaram a compreender e a agir de forma diferenciada em relação aos resíduos. Por essa razão, gostaria de compartilhar isso com vocês. Relatarei 4 historinhas de fatos vividos. A cada uma, vou-lhes sumarizar o que aprendi com ela.

Historinha 01: Os "leitos de secagem" na CENIBRA

Foto histórica da planta industrial da CENIBRA em 1977

Quando em 1976 comecei a trabalhar na Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), uma empresa de produção de celulose kraft branqueada de eucalipto, a fábrica ainda estava em construção. Ao assumir o cargo de Chefe do Departamento de Controle de Qualidade – DEQUA, tinha sob minha responsabilidade também a Divisão de Meio Ambiente – DIAMBI, cujo gerente era o meu estimado amigo Hans Jurgen Kleine. O Kleine já estava por lá quando eu cheguei, era um brilhante jovem engenheiro cheio de boas idéias. Uma delas, que ele me trouxe logo que cheguei, foi a de criar uma CIMA – Comissão Interna de Meio Ambiente. A CIMA tinha o objetivo de colocar os tomadores de decisão da empresa para tratar de assuntos ambientais. Um grande sucesso que se propagou por outras empresas também.

Estávamos começando no setor naquela época, eu com 28 anos de idade, o Kleine ao redor disso também. Tudo era novo e desafiador. A CENIBRA foi a primeira grande empresa brasileira de celulose branqueada com a finalidade de exportação (Europa e Japão). Ao olharmos o processo industrial, que foi desenvolvido com base na experiência do sócio japonês da empresa, vimos que a fábrica possuía um tratamento primário de efluentes e uma enorme área para desaguamento e secagem do lodo primário. Era a realidade daquela época, trinta anos atrás. Eu e Kleine estranhamos isso, não entendíamos a razão daquela enorme área para secar o lodo ao natural e denominada de leitos de secagem (vejam a foto da época logo acima). Como a região do Vale do Rio Doce em Minas Gerais, onde está a fábrica até hoje, é muito quente o ano todo, a secagem do lodo pelas leis da natureza foi a forma projetada naquela época. Nosso surpresa foi ainda maior quando

a fábrica começou a operar. Com muitos problemas no seu início de operações, os primeiros meses de operação e produção foram difíceis e até certo ponto muito sofridos. As perdas de fibras eram enormes, vitimadas pelas dificuldades operacionais. Em pouco tempo, tanto os leitos de secagem, como a área externa para disposição do lodo adensado, estavam transbordando e repletas. De imediato, nossa preocupação foi encontrar outras áreas para dispor o lodo. A questão que tínhamos era: onde colocar aquela enormidade de resíduos? Naqueles longínquos anos dos 70's, os aterros industriais eram precários e primitivos, a legislação ambiental brasileira também. Tínhamos pouca experiência industrial em fábricas de celulose e os conceitos de ecoeficiência ainda não existiam. Aceitamos que o lodo primário continuaria sendo gerado como coisa normal do processo. Saímos em busca de alternativas para dispô-lo da melhor e mais segura maneira. Para essa área de disposição ainda eram enviados rejeitos e palitos do cozimento, resíduos dos "centricleaners", casca suja, etc. Muito material bom era simplesmente aterrado de forma misturada e com enormes dificuldades.

Naquele momento, uma pequena luz apareceu para nós na área de pesquisa que foi buscar alternativas de uso para esses resíduos, tais como produtos de polpa moldada, fabricação de papelão ou papel "tissue". Algum sucesso conseguimos com o desenvolvimento de poucos clientes locais para algum dos resíduos. Lembrem-se que isso ocorria no final dos anos 70's e início dos 80's.

Lodo primário rico em fibras

<u>Qual nosso comportamento com aquilo que aconteceu naquela época</u>:

- Aceitávamos que a geração de resíduos era normal, algo das práticas industriais do próprio processo kraft. Tínhamos que buscar alternativas seguras para se dispor e para eventualmente reciclar algo.
- A disposição do resíduo era ineficiente e cara, difícil de ser realizada pela precariedade das condições da época.

- Não conseguimos enxergar com clareza soluções para minimizar a geração e não conseguíamos vislumbrar o futuro, como ficariam esses resíduos aterrados para as futuras gerações.
- Tínhamos expectativas que ao alinhar, a fábrica poderia gerar bem menos resíduos sólidos, mas desconhecíamos quanto.
- A reciclagem externa aparecia como uma alternativa potencial, mas ainda difícil de ser implementada pela falta de cultura em se usar resíduos como matéria-prima industrial.

Historinha 02: A fortíssima ênfase na reciclagem de resíduos sólidos industriais na Riocell – Rio Grande Cia de Celulose do Sul

Livreto que coordenei a edição na Riocell sobre os aspectos ambientais e a empresa

Quando em 1979 comecei a trabalhar na Riocell, recebi dois enormes desafios, compatíveis com minha vontade de realizações. O primeiro era para a geração de conhecimentos tecnológicos e "know how" para a fábrica de celulose kraft branqueada de eucalipto, pois durante alguns anos a empresa tinha dependido das suas raízes norueguesas para o aporte de tecnologias. O segundo desafio era ajudar na mudança da imagem e da performance ambiental da empresa, ambas machucadas pela desastrosa entrada em operações em 1972. A empresa vivia enormes dificuldades em suas relações com a comunidade, vítima de seus problemas ambientais que a tecnologia que utilizava na época favorecia: tinha problemas de odor, efluentes hídricos, resíduos sólidos, fumaças, estética, etc.

Quando comecei, tínhamos uma fábrica incompleta de celulose kraft não-branqueada de eucalipto e um projeto de branqueamento e modernização a caminho. Um bem-equipado centro tecnológico foi rapidamente construído e uma equipe de pesquisas montada para operá-lo. Devíamos, com o centro tecnológico, auxiliar no desenvolvimento das tecnologias em uso ou potenciais para a fábrica. Tivemos uma produção fantástica de conhecimentos, desde qualidade da madeira, cozimentos, polpação solúvel, branqueamento da celulose, propriedades das fibras, tratamento de efluentes, etc., etc. Nossa equipe técnica liderava a produção de conhecimentos tecnológicos setoriais e fazíamos isso de forma aberta e compartilhada com a sociedade.

A empresa optou por tecnologias de tratamento de efluentes inovadoras na época: tratamento primário, secundário com lodo ativado e terciário com clarifloculação com sulfato de alumínio. As exigências para qualidade do efluente eram bastante restritivas, talvez as mais severas do mundo para uma nova linha de branqueamento a ser iniciada em 1983. O órgão de fiscalização, controle e licenciamento do estado do Rio Grande do Sul – FEPAM (http://www.fepam.rs.gov.br) havia colocado restrições tão severas que os próprios fabricantes de equipamentos e de tecnologias ambientais não queriam se comprometer a garantir performances. Aceitamos o desafio de implementá-las graças às simulações realizadas no centro tecnológico. A expectativa era de serem gerados lodos primário, secundário biológico e terciário com a nova Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Esses seriam misturados e dispostos em enormes jazidas que se denominavam aterros industriais de resíduos sólidos. Essas jazidas consistiam de enormes escavações onde havia sido colhida terra para as obras da fábrica. Controlava-se a profundidade do lençol freático e as possíveis infiltrações de chorume. O fundo era de argila compactada e as laterais revestidas de membranas de borracha ou mesmo de argila compactada. Eram a ciência e a tecnologia do início dos anos 80's. Havia muito a melhorar, por isso nosso entusiasmo era enorme.

Lodos e lodos

Nossa equipe logo se surpreendeu com a enorme geração de lodos e tratou de buscar alternativas para transformar isso em oportunidades e não

em problemas a serem convertidos em passivos ambientais. Fizemos inúmeros testes pilotos de compostagem e vermi-compostagem, de incorporação em solos agrícolas e florestais, na utilização do composto como substrato na produção de mudas florestais, etc. etc.

Contávamos com gente brilhante, inovadora e comprometida. Poderia citar muitos, mas lembro-me com muita certeza dos esforços inovadores e competentes dos amigos: Jorge Herrera, Cláudia Steiner, Vera Bottini Gallardo, Nei Rubens Lima, Jorge Vieira Gonzaga, Cláudia Alcaraz Zini, Celso Copstein Waldemar, Edvins Ratnieks, Juarez Grehs, Rosane Monteiro Borges, Clóvis Zimmer, Renata Maltz, etc., etc. Praticamente, todos tiveram importante participação nesse enorme projeto de reciclagem, que tinha a coordenação do engenheiro químico Jorge Herrera e os entusiasmos meu e da Cláudia Steiner como forças motrizes. Além deles, uma enorme quantidade de parceiros em universidades, institutos de pesquisas, agricultores, fornecedores, etc. Buscamos em poucos anos entender de tudo que se relacionava aos nossos resíduos sólidos: legislação internacional e brasileira, toxicologia, composição, decomposição e compostagem, anaerobioses e aerobioses, teores de poluentes orgânicos persistentes (dioxinas, furanos, POPs, etc.) e poluentes prioritários (metais pesados, etc.). Ao mesmo tempo, buscamos a compostagem como a alternativa de maior chance de sucessos. Todos os resíduos foram dissecados e avaliados em suas oportunidades para serem convertidos em subprodutos da fabricação de celulose.

Produtos obtidos na Riocell a partir de resíduos sólidos industriais (em composteiras e hortas experimentais dentro da própria fábrica)

Em 1988, apresentamos para o público tecnológico um trabalho técnico que até hoje constitui-se em referência mundial para a reciclagem de resíduos da fabricação de celulose. Seu título "**Resíduos sólidos industriais ou bens de produção: o conceito da Riocell**" mostrou no XIX Congresso Anual da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel nossos primeiros resultados, tanto laboratoriais como de efetiva reciclagem por diversos consumidores dos produtos da reciclagem.
Leiam o artigo em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1988.%20Res%EDduos%20ou%20bens%20de%20produ%E7%E3o.pdf

Os primeiros passos para a reciclagem de quase 100% de todos os resíduos gerados em uma fábrica de celulose kraft branqueada de eucalipto estavam dados. Faltava agora desenvolver o mercado e a confiança dos clientes. A nossa própria área florestal apresentava restrições ao uso de resíduos e quase não se interessava pela sua utilização. Como convencer então os agricultores que os produtos davam resultados e eram sadios e seguros? Por minha iniciativa, decidi que eu seria um dos primeiros a usar esses produtos e sempre pagaria por eles, independentemente de minha posição na hierarquia da empresa. Se eu não acreditasse nos produtos dos resíduos, como convencer alguém para usar, comprar e pagar por eles?

A missão para desenvolver o mercado surgiu de forma inesperada e inusitada. Passamos a contar com a visão de futuro e com a genialidade de um dos nossos mais sérios adversários do passado: o conceituado ambientalista e engenheiro agrônomo José Lutzenberger (http://www.pick-upau.org.br/mundo/jose_lutzenberger/jose_lutzenberger.htm).

Eu o conheci pessoalmente por uma daquelas coincidências que ajudam a melhorar o mundo. Quando cheguei à Riocell em 1979, comecei a lecionar em um curso de pós-graduação que a Riocell ajudou a montar na Universidade de São Paulo, a partir de 1980. Em uma de minhas viagens de avião a São Paulo sentou-se a meu lado o professor Lutzenberger. Ele na época era forte e intransigente adversário da Riocell, talvez o maior e mais temido. Começamos a conversar, disse a ele que estava indo a São Paulo para lecionar sobre celulose e papel. Sem saber que eu era da Riocell, começou a disparar sua eficiente e calibrada metralhadora contra a empresa. Como sempre gostei do diálogo e ele também, depois que eu lhe disse que era gerente na Riocell, onde tínhamos acabado de montar um centro tecnológico para estudar tecnologias inclusive ambientais, o discurso mudou para uma busca de entendimentos e pontos comuns. Convidei-o para visitar a Riocell e ele não deixou por menos, levou uma série de oponentes de peso, os mais temidos por nós na época: professor Flávio Lewgoy e engenheiro agrônomo Sebastião Pinheiro. Como tínhamos ideais comuns e éramos ambos agrônomos, foi fácil florescer uma boa amizade e respeito mútuo. Até mesmo acredito que a admiração era recíproca entre nós. Ele com sua forma

de enxergar a Natureza e eu com a necessidade de otimizar o uso dos recursos naturais.

Logo no início da operação do tratamento de efluentes e do branqueamento, a Riocell propôs uma parceria ao professor Lutzenberger, que seria a reabilitação das margens do rio/lago Guaíba no local da fábrica. Essas margens estavam degradadas e com inúmeros restos de materiais de construção das obras da fábrica. Nesse trabalho já passou a utilizar de alguns resíduos da fábrica, tanto de sucatas de construção, como de lodos que haviam se compostado naturalmente pelo tempo de estocagem. Sua colaboradora direta no desenho e implantação do parque ecológico, hoje da Aracruz Celulose, foi a engenheira agrônoma Cláudia Steiner. Cláudia logo se encantou com o potencial dos resíduos e ao término da parque ecológico, juntou-se à nossa equipe de pesquisas na Riocell para a viabilização de usos dos resíduos sólidos industriais através da reciclagem externa. Da amizade de Cláudia e Lutzenberger, surgiu o apoio do mesmo para as primeiras tentativas de se colocar compostos orgânicos e "dregs/grits" em algumas propriedades de agricultores da região. O nome e o prestigio do agrônomo Lutzenberger abriam as portas para os bem-sucedidos ensaios de avaliação e demonstração.

O clímax da parceria entre professor Lutzenberger surgiu quando ele foi visitar a área de disposição de resíduos e lá se apaixonou pelo lodo em compostagem anaeróbica nas grandes jazidas onde era disposto. Sua paixão foi imediata, viu ali não um resíduo em um aterro, mas húmus quase pronto para servir à agricultura.

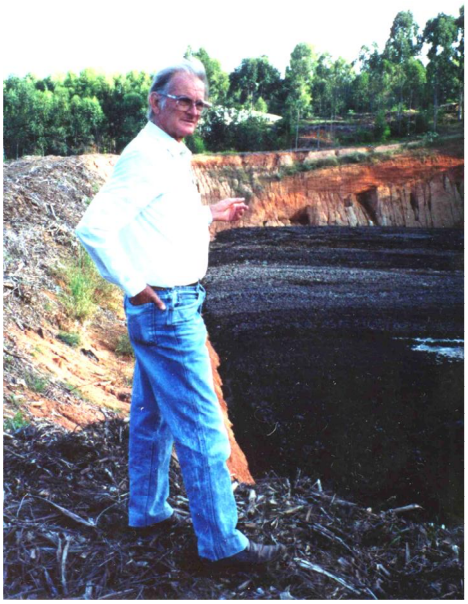


Foto histórica: José Lutzenberger ao lado de antiga jazida de disposição e compostagem anaeróbica do lodo da Riocell

A ciência e a experimentação tecnológica de nossos laboratórios haviam indicado as alternativas de compostagem mista com anaerobiose/aerobiose, secagem e aplicação agrícola para o composto dos lodos. As pesquisas também tinham comprovado as qualidades químicas, ecotoxicológicas, bem como a sanidade dos produtos da reciclagem.

A parceria para a reciclagem dos resíduos com as empresas de Lutzenberger começou em 1988. Inicialmente com a empresa Tecnologia Convivial (que havia construído o parque ecológico) e depois com a Vida Produtos Biológicos (nome da empresa na época - visite-a hoje em: www.vida-e.com.br). A empresa Vida se estruturou com pessoas qualificadas e com máquinas. Continuou a desenvolver tecnologias e a aperfeiçoar aquelas desenvolvidas nos laboratórios e experimentações piloto. Passou a contar com jovens agrônomos e técnicos que compartilharam de imediato os mesmos ideais, tanto da equipe da Riocell, como os de José Lutzenberger. Dentre os muitos, citaria os agrônomos Fernando Noal Bergamin , minhas estimadas amigas Renata Maltz e Susana Burger e os dedicados amigos José Carlos Harlacher e Flávio Klein.

JORNAL O GUAÍBA

GERAL

18 de maio de 1994

Horto Florestal Cascata é modelo no trabalho de reciclagem de resíduos

Há seis anos a empresa Vida Produtos Biológicos desenvolve um trabalho de reciclagem e aproveitamento dos resíduos industriais da Riocell.

Conforme o Gerente de Produção José Carlos Arlach, a idéia de realizar este trabalho surgiu do ex-ministro José Lutzemberger, que o convidou para participar do projeto.

Ao longo desses seis anos foram desenvolvidas técnicas de estocagem e processamento dos resíduos da Riocell, originando produtos de alta qualidade para desenvolvimento de hortas e jardins.

O sucesso do programa atraiu a atenção e escolas e de Prefeituras de outros municípios, que se interessaram em visitar, conhecer e aprender as técnicas utilizadas para a reciclagem do lixo.

No caso específico da Riocell, os resíduos são separados de acordo com suas características e o fim a que irão se destinar. A lama negra é depositada em grandes tracos, com 16 metros de profundidade, chamados de jazidas de fermentação aeróbica de lodo orgânico, onde permanece

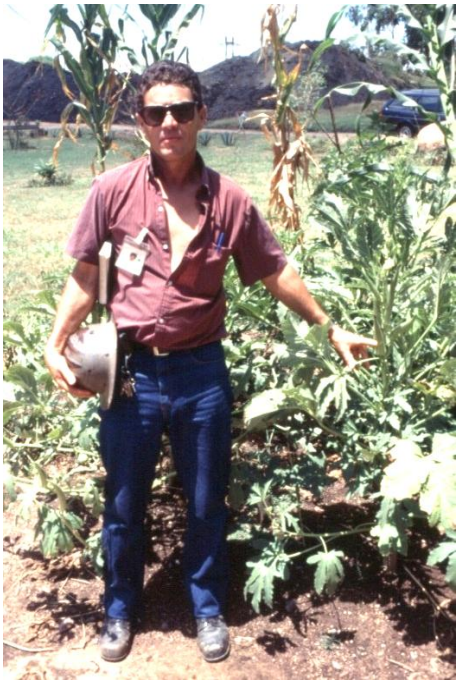
Visitas não são um simples passeio: têm caráter educativo, diz o RP Lauro D'Ávila

"Encontro Marcado" leva visitantes ao Hort

A Riocell desenvolve um progra de visitações que oportuniza às pesa interessadas, familiares de funcionari alunos das escolas, visitarem a empr conhecerem seus processos produtivo destinação final de seus resíd industriais. Este programa recebe o n de "encontro marcado" e acontece vez por mês. Para desenvolver tal visit é necessário marcar com antecedên junto ao Departamento de Rela Públicas da empresa.

Lauro D'Ávila, relações públic

Produtos e divulgação da reciclagem de resíduos sólidos industriais (início anos 90's)



Pessoas que ajudaram a fazer as coisas acontecerem:
José Harlacher e Renata Maltz

A partir daquele momento, a empresa Vida com sua equipe passou a gerenciar o processo e a colocar quantidades crescentes de seus produtos de reciclagem no mercado. O aval de José Lutzenberger havia sido o selo verde que os produtos precisavam. Hoje, mesmo após sua morte, sua atuação é sempre lembrada e reverenciada nesse tópico. Com isso, após 20 anos de reciclagem desse tipos de resíduos, a Vida Produtos e Serviços em Desenvolvimento Ecológico tem estações de reciclagem similares em outras fábricas do setor, cada qual adaptada às realidades locais. Atua na Aracruz Celulose unidade Guaíba (ex-Riocell), na Veracel, na Rigesa e já teve estações de reciclagem na Klabin Correia Pinto, Celulose Cambará, Santher e Bahia Pulp.

Importante ressaltar que quando a Aracruz Celulose adquiriu a empresa Riocell em 2003, continuou a valorizar o processo de reciclagem de resíduos ali desenvolvido, levando-o inclusive para sua subsidiária Veracel Celulose, uma parceria que tem com a Stora Enso. Vejam os bons resultados que vem alcançando em termos de taxas de reciclagem em alguns de seus Relatórios de Sustentabilidade - Sustainability Reports, disponibilizados sobre os anos de 2004 e 2007:
http://www.aracruz.com.br/minisites/ra2004/localaracruz/ra2004/en/rsa_ambientais_industriais_geracao.html
e
http://www.aracruz.com.br/minisites/ra2007/section/pt/download_pdf/RA_Port.pdf

Estação de reciclagem da Aracruz Celulose / Vida no Horto Florestal José Lutzenberger em 100 hectares de área – Eldorado do Sul/RS/Brasil (inaugurada em 2003 com capacidade para reciclar cerca de 200.000 toneladas anos de resíduos sólidos)

Estação de reciclagem de resíduos sólidos Veracel – Vida / Bahia / Brasil (entrada em operações em 2005 com a posta em marcha da fábrica de celulose)

A soma de visão, inovação, ciência, determinação, crença e fé, mais a vontade de fazer do grupo envolvido levou ao caso de sucesso na gestão de

resíduos sólidos industriais da fabricação de celulose kraft branqueada de eucalipto. A taxa de reciclagem hoje praticada na estação da Vida/Aracruz é de 99%, um marco a nível mundial. Mais um pioneirismo notável do Brasil foi alcançado, comprovado e praticado. Hoje, existem muitas fábricas do setor de celulose e papel, cada uma com seu modelo, trabalhando na reciclagem de seus resíduos sólidos industriais. A semente plantada nos anos 80's germinou, cresceu e fortificou-se. O curioso é que ainda existem muitas empresas a aterrar todo resíduo gerado na sua fabricação. Seus argumentos são frágeis para assim agirem, parece-me mais falta de visão ou de vontade de mudar. Entretanto, os altos custos de engenheirar e construir aterros industriais e de monitorar o passivo ambiental estão sendo forças motrizes aceleradoras para que mudem, e isso deve acontecer rápido.

Curiosamente, ao longo de todo esse processo por mim vivenciado até sair da Riocell em 1998, sempre enxerguei os resíduos sólidos como matérias-primas úteis e requeridas para os produtos da reciclagem. Encantavam-me os produtos ali desenvolvidos sendo vendidos para agricultores, para paisagistas e mesmo nos supermercados das grandes redes em Porto Alegre/RS. Além disso, outros resíduos também tiveram usos desenvolvidos para eles, tais como "dregs" e "grits" (corretivo da acidez e retenção de água e nutrientes no solo), lama de cal (substituto do calcário), etc. A nossa meta estava em reciclar 100% ou próximo a isso, não colocamos muito foco na redução ou mesmo eliminação dos resíduos onde estavam sendo gerados.

<u>O que aprendi com aquilo que aconteceu naquela época</u>:

- Diálogo, parceria, vontade de fazer e confiança entre as partes são forças alavancadoras fortes para a solução de problemas ambientais, por maiores que eles sejam.
- A busca da reciclagem externa e do uso dos resíduos para fabricação de produtos é uma forma eficiente para a redução da quantidade de resíduos a aterrar ou dispor/monitorar pelo resto da vida.
- Os custos ambientais e os impactos são minorados, mas ainda são importantes com a reciclagem dos resíduos. As empresas recicladoras também tem seus impactos ambientais tais como emissão de metano, de gás carbônico, efluentes contaminados a tratar, odor, etc.

Historinha 03: A chegada dos conceitos de P+L, ecoeficiência e solução do problema de resíduos na origem

Quando em 1998 decidi por iniciativa própria me desligar da Riocell, depois de 19 anos na empresa, optei por aprender mais sobre conceitos novos que apareciam na época com mais intensidade. Tratava-se da P+L (Produção mais Limpa) que passara a ser transferida para a indústria em termos de conhecimentos e práticas através do CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas (http://www.senairs.org.br/cntl), um órgão do sistema SENAI em Porto Alegre/RS/Brasil. O "know-how" era oriundo da parceria do CNTL com a UNEP/UNIDO, órgãos das Nações Unidas, cuja meta era a redução de geração de resíduos nas empresas industriais em países em desenvolvimento. Como uma de minhas fortalezas sempre havia sido os aspectos ambientais da fabricação de celulose, decidi reforçá-la com esses novos e modernos conhecimentos. Foi uma das melhores coisas que eu poderia ter feito em termos profissionais. Em 8 meses de curso, pude aprender o conceito básico da P+L que é o seguinte: quase tudo que vira resíduo ou poluição é matéria-prima desperdiçada, jogada fora por nós mesmos ao longo do processo industrial. Isso tem um enorme valor, primeiro como matéria-prima jogada fora; depois pelo valor desperdiçado no processo que foi a ela agregado; e finalmente, os custos de controle da poluição e de manuseio e disposição dos resíduos gerados. Para mim, quando minha estimada amiga Marise Keller dos Santos deu sua aula no curso e mencionou isso, eu me levantei e disse: esse conceito já me fez valer o que paguei pelo curso. Foi o "ponto de virada" na minha carreira com os resíduos, mesmo com o muito que eu já conhecia sobre eles.

A metodologia de P+L, pacientemente transferida pelos técnicos do CNTL naquela época, entre os quais as engenheiras Rosele Neetzow e Marise Keller dos Santos, se baseava em um conjunto de metodologias desenvolvidas pela empresa de consultoria Stenum (Áustria) e cujo resultado foi um conjunto de material de treinamento disponibilizado pela UNIDO em seu website como um "CP – Cleaner Production Toolkit" (http://www.unido.org/index.php?id=o86205). Veja isso tudo com devidos links na seção de referências bibliográficas.

A partir desse momento histórico para mim, passei a olhar a reciclagem como uma medida ambiental de segunda categoria. A reciclagem aceita e convive com as perdas e com os desperdícios. Ela depende disso. Quando o negócio da reciclagem vai bem, podemos chegar à situação esdrúxula onde os recicladores pedem que sejam geradas mais perdas/resíduos para aumentar suas matérias-primas. O mais lógico e o mais vital seria estancar a geração do resíduo. Não que a reciclagem seja ruim, não é isso. Só que a ela só deve ir o que não consigamos reter no processo interno de fechamento de circuitos e de otimizações processuais. Durante dois anos fui consultor para a gestão de resíduos sólidos na Riocell

(entre 1999 e 2000), só que agora a meta era não de garantir material para a estação de reciclagem, mas sim de bloquear ao máximo a sua geração. As questões passaram a ser: se a geração de lodo primário é exagerada, porque razão? Fibras? Terra? Areia? Minerais? Onde reduzir as perdas disso tudo ao longo do processo industrial? Como reduzir essas perdas?

Além da Riocell, muitos outros clientes surgiram para mim e esse conceito foi-se solidificando e sendo aplicado nos locais onde tenho trabalhado. Com muita facilidade fomos conseguindo ganhos expressivos e com amplo envolvimento de todos os quadros operacionais das fábricas. Algo muito gratificante de ser trabalhado: um benefício econômico e ambiental para as empresas, um benefício à Natureza e um benefício à sociedade que passa a aprender a respeitar o ambiente e a viver em meios melhores e mais saudáveis.

O que aprendi com aquilo que aconteceu naquela época:

- Mesmo que tenhamos eficientes e modernos sistemas de tratamento e combate à poluição, a geração dos resíduos precisa ser evitada em suas origens. Isso pode ser conseguido de inúmeras maneiras, muitas delas simples e de baixo nível de investimentos econômicos.
- É preciso saber valorar muito bem os desperdícios para despertar a atenção dos principais executivos quanto ao valor correto dos resíduos.
- É muito gratificante se trabalhar em benefício do meio ambiente, na origem dos problemas ambientais e não apenas em seu controle e mitigação.

Historinha 04: A clusterização no setor como ferramenta de gestão de resíduos sólidos industriais

Fala-se muito hoje em dia em grandes aglomerados tecnológicos no setor florestal; em arranjos produtivos e não mais em cadeias produtivas. Essa temática vem crescendo em teoria e prática. Já existem diversas experiências de sucesso no Brasil e no hemisfério norte. A idéia é muito simples: uma rede de empresas próximas e afins trocam fluidos, energia e materiais entre si. A busca é de máxima ecoeficiência. O que sobrar como resíduo em uma empresa pode ter valor em outra como matéria-prima ou biocombustível. Isso deve inclusive se ampliar com a chegada das renomadas biorefinarias ao setor. Apenas os materiais impossíveis de serem

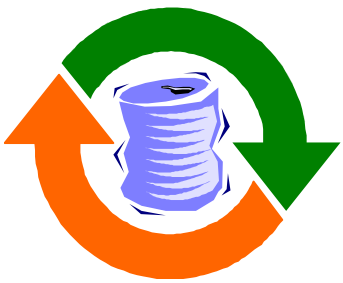
aproveitados no "cluster" deverão ser encaminhados para estações de reciclagem de resíduos ou para aterros industriais de disposição final.

Um exemplo apenas para consolidar conceitos:

Uma serraria produz madeira serrada para a indústria moveleira. Tanto a serraria como a indústria de móveis geram resíduos de madeira que podem abastecer fábricas de celulose como material fibroso ou como biomassa energética. Por sua vez, a fábrica de celulose gera lodos no seu tratamento de efluentes. Esses, depois de compostados, podem fertilizar as mesmas florestas que fornecem madeira para a serraria. O ciclo se fecha em materiais e em energias. Garantem-se menores consumos de matérias-primas fibrosas, de combustíveis fósseis, de fertilizantes químicos, etc. Geram-se menores quantidades de poluentes e de resíduos sólidos.
A ecoeficiência global do sistema é definitivamente favorecida. A ACV – Análise do Ciclo de Vida irá revelar menores impactos sobre o meio ambiente e um menor efeito sobre os fenômenos conhecidos como "Global Warning". Uma beleza.

O que estamos aprendendo com aquilo que está começando a acontecer:

- Resíduos são matérias-primas perdidas por um processo produtivo, mas que podem se converter em material útil em outros processos industriais ou para serviços à comunidade.
- A integração favorece os 4 R's: Reduzir, Reusar, Reaproveitar e Reciclar.
- Empresas ecoeficientes e conglomeradas geram arranjos produtivos limpos, de excelente performance ambiental e com certeza, econômica também.



Fonte: UNIDO CP Toolkit

Meu propósito com esse capítulo do **Eucalyptus Online Book** não é o de lhes trazer historinhas de minha vida profissional, mas sim de lhes apresentar como minha experiência foi sendo construída em cerca de 40 anos trabalhando no setor e sempre envolvido em soluções de otimizações para perdas e desperdícios.

Em capítulos anteriores escrevi sobre formas de gestão para redução das perdas de fibras e da geração de refugos na fabricação do papel (http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT06_fibras_refugos.pdf); sobre o reaproveitamento de resíduos orgânicos fibrosos do processo de fabricação de celulose (http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf) e de resíduos florestais (http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf). Nesse capítulo minha meta é lhes apresentar conceitos acumulados por mim para uma gestão ecoeficiente dos resíduos sólidos industriais em fábricas de celulose e papel. Não quero que esse capítulo possa lhes parecer aborrecido, cheio de leis e de conceituações meramente teóricas. O que desejo é transferir a vocês, e com muita clareza, toda minha experiência prática e meus conceitos sobre o tema gestão de resíduos sólidos industriais. Se você tem esse tipo de problema e se os resíduos sólidos lhe aborrecem e lhe tiram o sono na sua vida profissional, o que estou a escrever pode ser muito útil. Já se você trabalha em uma fábrica de celulose e/ou papel de eucalipto e acha que não tem problema algum acerca de resíduos sólidos industriais, que tudo está resolvido e que sua empresa é de mínimo impacto ambiental, então só tenho uma sugestão: acorde e rápido. Vocês podem estar muito bem, mas o sentimento de que somos "os bons" nos acomoda, nos entorpece e nos cega. Com muita certeza, com poucas caminhadas pela sua fábrica e com poucas medições para quantificações de seus desperdícios, você já vai notar que precisa se mexer para corrigir alguns desperdícios que geram resíduos e poluições.

Os custos de implantação de unidades de combate à poluição e de estações de reciclagem de resíduos são onerosos e muitas vezes exageradamente desnecessários. Todas as ações que vierem para reduzir as cargas poluentes a tratar e os resíduos sólidos a dispor são muito bem-vindas, sob a ótica ambiental (e também empresarial).

Na maioria das vezes, o técnico da área ambiental se vê incapacitado de agir sobre as demais áreas da empresa. Sob a desculpa que a fábrica não pode de forma alguma perder produção, o pessoal operacional muitas vezes não está tão atento às quantidades de cargas poluentes que geram para as estações de tratamento de efluentes e de disposição de resíduos sólidos. Há sempre as desculpas de que a área não pode parar, de que as perdas de material orgânico e químico se devem a problemas causados pela equipe da manutenção, ou pelas exigências de se ter que atender demandas de produtos para os clientes, ou mesmo de se querer bater um recorde de produção. Esse rosário de explicações e justificativas só atestam a falta de

compromisso para enfrentar esse problema ambiental de frente, com audácia, coragem e determinação.

Tenho visto muitas coisas boas no setor, mas também tenho visto coisas até mesmo horríveis na gestão de resíduos sólidos industriais. Hoje é cada vez mais comum as fábricas disporem de excelentes unidades de tratamento de efluentes e estações de resíduos, todas limpas, organizadas e de acordo com a legislação e os preceitos na norma IS0 14.001. As áreas de disposição dos resíduos utilizando bem planejados aterros industriais, com boa gestão e monitoramento, também são comuns. Entretanto, isso não é a maioria. Em muitas empresas, o conceito de gestão de resíduos sólidos industriais é ainda absolutamente precário. Há situações em que a empresa diz aplicar resíduos em suas florestas como fertilizantes, mas o que se vê é o uso inadequado do solo para receber lixo industrial, sem cuidado algum. Felizmente, esses casos são a minoria.

Resíduos industriais ("dregs" e "grits"; cinzas de caldeira de biomassa) dispostos de forma inadequada em solo florestal

Muitas empresas terceirizam as operações de gestão, manuseio e disposição de seus resíduos sólidos. Usam algum aterro industrial autorizado pelo órgão ambiental, ou até mesmo um aterro de resíduos da municipalidade. Os custos em geral são caros e sempre há reclamos da gestão industrial de que eles encarecem os custos de produção e que devem ser diminuídos. Ao invés de se cuidar para reduzir a geração dos resíduos, prefere-se apertar firme na negociação com o terceiro que trata os resíduos para que ele baixe seus preços. Uma lógica inversa e perversa. A postura gerencial é portanto contemplativa e reclamativa. As fibras, as cargas minerais, os compostos químicos que se perdem são enormes e que faz o gestor? Reclama que os custos de disposição de tudo que ele joga fora são exagerados. Muita ingenuidade? Falta de entendimento da realidade das coisas? Talvez...

Atentem amigos, que se uma empresa pagar 40 dólares por tonelada úmida (tal qual) para transportar e aterrar seu logo primário, seu valor

perdido é muito maior que esse. Se for o caso de uma fábrica de papel branco que compra celulose de mercado e cargas minerais para a manufatura do papel, esse lodo primário pode conter muitas fibras de celulose e muita carga mineral. Suponhamos que o lodo primário disposto contenha 40% de material seco e que desse material seco 70% sejam fibras e 20% cargas minerais. Ambos desperdiçados pelo processo industrial. Logo, aos 40 dólares pagos para dispor o lodo, precisamos somar o valor dessas fibras e dessas cargas minerais jogadas fora. Elas têm um custo e encarecem nossos custos unitários de produção. Os 280 kg de fibras secas por tonelada de lodo primário úmido podem valer por exemplo 200 dólares e os 80 kg de cargas minerais poderiam valer 25 dólares, hipoteticamente. Pasmem, poderiam dizer vocês, mas isso não é tudo. Ao se usar as fibras e os minerais no processo antes de perdê-los, fomos agregando valores em trabalho, energia elétrica, vapor, etc. Tudo que foi agregado em valor e em custos se perdem também. Portanto, aquilo que já parecia caro com 40 dólares por tonelada, passa a valer cerca de 280. Surpresos? Mas é essa a realidade dos fatos...

Qualquer gestor que olhar esses dados singelos e preliminares verá que algo precisa ser feito e de forma rápida. São excelentes oportunidades para que os tomadores de decisão sejam informados para agir.

Há anos atrás, ainda em minha época de Riocell, tínhamos tamanha ingenuidade em relação a isso como acabei de lhes mencionar, que em um de nossos relatórios de pesquisa, quando analisamos o lodo primário, concluímos:

- O lodo primário é material predominantemente fibroso e que auxilia no desaguamento dos lodos filtrados juntos a ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), reduzindo os custos com polímeros;
- O lodo primário testado como fonte de celulose mostra excelente potencial papeleiro, podendo ser vendido para a fabricação de papéis tipos embalagem, "tissue" ou polpa moldada, já que contém muitas impurezas.

Uma ingenuidade enorme, mas era a realidade que víamos na época, há mais de 20 anos atrás. Nem sequer concluímos que deveríamos reduzir as perdas de fibras... Curioso que esse tipo de conclusões tenho visto em trabalhos técnicos recentes e mesmo em teses acadêmicas universitárias. Parece até mesmo que os que fazem essas pesquisas estão "impedidos" por algum motivo de enxergar as causas das fugas desses fibras todas. Só se preocupam em tentar achar soluções para o problema do lado de fora da empresa e não dentro dela.

Minha mensagem tem sido clara, mas gosto de reforçar: as perdas dos sistemas produtivos precisam ser identificadas e tratadas onde nascem, já que a maioria delas se convertem em resíduos sólidos. Isso ainda fica mais evidente, conforme vamos fechando mais e mais os circuitos de águas

das modernas fábricas de celulose e papel. No passado, muitos dos resíduos orgânicos e químicos inorgânicos se perdiam junto aos 80 a 100 metros cúbicos de efluentes por tonelada de celulose/papel produzidos. Hoje, com 20 a 30 m^3/adt, cerca de 4 vezes menos, os contaminantes se concentram mais, acumulam-se no processo e precisam ser removidos para não trazer problemas de incrustações nas máquinas, contaminações na celulose ou papel, etc. Uma das formas de se removê-los é na forma de resíduos sólidos (precipitação, conversão a lodo, purgas, etc.)

Nesse capítulo, concentrarei energias em lhes apresentar como identificar, entender, agir e buscar soluções para seus resíduos sólidos industriais. Não vou detalhar os resíduos sólidos em si, nem formas e utilizações para cada um deles. Isso será tema de dois outros capítulos: um sobre lodos e cascas e outro sobre resíduos sólidos industriais de caráter mineral ("dregs", "grits", cinzas, cal, lama de cal, etc.). Nesses capítulos pouco lhes falarei sobre resíduos orgânicos fibrosos (serragem, nós e palitos do digestor, fibras, etc.). Eles todos já foram bem dissecados em outros capítulos de nosso livro.

Deve também ser bem entendido que existem nas empresas diversos tipos de resíduos sólidos. Há os típicos do processo produtivo, gerados por ele, em algumas de suas fases: resíduos sólidos industriais do processo. Existem também os resíduos sólidos não processuais: bombonas de plástico, óleos e graxas, tambores, caixotes de madeira, arames, sucata metálica, restos de obra, lâmpadas fluorescentes, baterias, etc.). Também não me deterei sobre eles. Apenas darei alguns exemplos e breves palavras sobre sua gestão. Também vale para eles a meta de se resolver o problema na origem. Para esse tipo de resíduos existe muita literatura publicada, pois são comuns em todas as indústrias. Por essa razão, por ser esse capítulo especializado, concentrarei forças nos resíduos industriais do processo kraft de fabricação de celulose e papel. Isso é válido para processos usando os eucaliptos como matérias-primas, ou mesmo outras madeiras ou não-madeiras.

Os resíduos sólidos industriais do processo kraft e sobre os quais escreverei esse e mais dois capítulos do nosso livro são os seguintes:

Resíduos sólidos orgânicos:
- Lodos secundários;
- Cascas sujas.

Resíduos sólidos semi-orgânicos:
- Lodos primários;
- Lodo terciário da clarifloculação com sulfato de alumínio ou policloreto de alumínio (PAC);

- Lodo do tratamento de água (lodo da ETA);
- Lodos da fabricação de papel (em especial os lodos da produção de papel reciclado).

Resíduos sólidos industriais inorgânicos ou minerais:

- "Dregs";
- "Grits";
- Lama de cal;
- Cal queimada ou cal virgem;
- Cinzas da caldeira de recuperação;
- Cinzas da caldeira de biomassa;
- Cinzas da caldeira de força a carvão mineral;
- Sulfato ácido de sódio da geração do dióxido de cloro;
- Lama de bário.

Estou partindo do pressuposto de que ao término da leitura de meus capítulos anteriores sobre resíduos orgânicos fibrosos e sobre perdas de fibras, vocês reavaliaram toda a problemática desses tipos de resíduos de seu processo e tiveram soluções preciosas e corajosas para eliminar o que poderia ser eliminado. Como o próprio nome indica, esses resíduos possuem fibras, nossa mais preciosa matéria-prima ou nosso produto final. Então, jogar materiais fibrosos fora deve ser um sacrilégio tecnológico, concordam? Curiosamente, é um dos maiores pecados cometidos em nossas fábricas. Naqueles capítulos ofereci inúmeros exemplos e mostrei oportunidades para fechar as torneiras que geram esses desperdícios.

A maior ou menor geração de resíduos sólidos industriais de processo está associada a algumas causas principais que são as seguintes:

- Estado tecnológico disponível na fábrica (nível de modernização das máquinas);
- Idade da tecnologia;
- Uso da capacidade instalada da fábrica e gargalos operacionais de produção;
- Ritmo de produção (variação, instabilidades, paradas, etc.);
- Eficiência operacional;
- Cuidados da operação (atenção e qualificação dos operadores);
- Qualidade da manutenção das máquinas e sistemas;
- Compromissos e conceitos da equipe gerencial.

Quanto mais atrasada for a tecnologia empregada, menos ecoeficiente ela é. Logo, se cuidados extras não forem tomados, mais resíduos e mais poluição serão gerados. Uma caldeira que queima mal sua biomassa gera mais cinzas do que uma caldeira mais eficiente que consome melhor o carbono do combustível. Um mau lavador de "dregs" entrega o resíduo com

muito maior teor de soda cáustica residual e com uma consistência muito mais baixa que um moderno sistema de lavagem desse material. Será então um "dregs" mais problemático e em maior peso úmido.

Algo interessante a mencionar a vocês antes de continuarmos avançando nesse capítulo é o seguinte: os resíduos são quantificados e medidos na maioria das vezes na umidade que apresentam. Paga-se para manusear, transportar, dispor os mesmos nas umidades que eles mostram nesses momentos de suas vidas.

Vejam um exemplo: se um resíduo constituído da mistura de "dregs" e "grits" sai com 30% de secos, a cada tonelada seca da mistura teremos 3,33 toneladas úmidas. Já se formos mais eficientes em lavar e drenar o resíduo e a sua consistência passar a 45%, o mesmo peso seco de resíduos passará a eqüivaler a 2,22 toneladas úmidas. Uma diferença de 1,11 toneladas úmidas para cada tonelada seca. Imaginem então quanto gastamos a mais em manusear, transportar e dispor com esse resíduo apenas por lavá-lo e desaguá-lo mal. O mais curioso de tudo é que poucos, eu diria até mesmo, quase ninguém, tem especificações sérias e acompanhadas para a umidade desse e de outros resíduos. Praticamente inexistem cuidados de se evitar que os resíduos se molhem com a água da chuva, ou com as águas de lavagem de pisos fabris, etc.. Percebo até mesmo um comportamento que corresponde a uma espécie de desatenção ou mesmo de ódio aos resíduos, pois eles "complicam a nossa vida" e "geram custos altos e indesejados".

Exatamente por essas razões, existe muito desperdício de dinheiro na gestão de resíduos das fábricas. Em geral o empresário não gosta de gastar com resíduo sólido, já que o resíduo não dá retorno ao capital investido, só "destroi valor". Acontece que essa destruição de valor pode ser minimizada. Com isso, a boa gestão dos resíduos aumenta a margem de contribuição unitária e aumenta os resultados líquidos da empresa. Ficou claro então que podemos ganhar dinheiro pelo gerenciamento dos resíduos. Ganhamos por perder menos, dentre outras formas de ganhar.

Resíduos sólidos sempre significam custos, eles encarecem nossos custos de produção, quanto a isso não tenho dúvidas. Entretanto, reduzi-los melhora nossos resultados especialmente no menor desperdício de matérias-primas, menores custos com manuseio e disposição, menos trabalho envolvido, etc., etc. Sempre vale a pena reforçar o que é importante, portanto, não me considerem repetitivo. A idéia é essa mesma.

Apesar de todos esses valores envolvidos, muitos gestores de fábricas teimam em enxergar os custos dos resíduos sólidos apenas como os custos de seu manuseio, transporte e disposição. Ficam muitas vezes contentes quando conseguem vender um resíduo de seu processo por um valor, eu diria simbólico, de tão irrisório que é. Eu já lhes alertaria sobre o seguinte: se alguém quer comprar o seu resíduo é porque ele oferece vantagens, é um "lixo bom". Se não fosse, se você tivesse extraído tudo de bom dele, seu

destino seria o aterro industrial. Logo, se você gerente de fábrica notar que existe uma disputa no mercado por seu lodo primário, ATENÇÃO, alguma coisa de errado está acontecendo em seu processo. Você está jogando muita fibra boa fora e sequer percebeu. Mas seus clientes de resíduos, eles sim já notaram a sua ingenuidade e querem ganhar com ela.

Definitivamente, resíduos sólidos industriais são gerados por quaisquer tipos de atividades de fabricação. Costumam demandar gestão e tecnologias em dosagens maiores do que muitos oferecem em suas fábricas. Toda tecnologia apresenta um certo nível de perdas e de geração de resíduos. Algumas bem menos, outras mais. Acontece que mesmo a mais moderna e mais ecoeficiente tecnologia se mal operada vai perder muito mais e acabar virando eco-ineficiente. Cabe a nós gestores de fábricas entender muito bem isso e abraçar a gestão dos resíduos como se fosse algo tão importante como a gestão da própria fábrica. Os resíduos são sintomas das "doenças" de nossa fabricação. Revelam também as mazelas de nossos técnicos e as nossas ineficiências (tanto das máquinas, como das pessoas).

Produzir com perdas é como participar de um campeonato disposto a levar muitas bolas na própria rede. Eventualmente pode-se até mesmo ganhar o campeonato, mas a um nível de sacrifício muito maior. Ou porque os adversários são muito piores. Portanto, vencer vai depender de circunstâncias que não estão só em nossas mãos e controle.

Por muitos anos as empresas acostumaram a encaminhar seus resíduos sólidos aos aterros industriais e sanitários, respeitando as exigências legais e as orientações emanadas dos órgãos de controle e fiscalização. Os objetivos eram os de evitar conflitos com a fiscalização, manter saudável a licença de operação da empresa e minimizar os riscos ambientais. Essa fase de apenas conformidade legal pode e deve ser melhorada. Podemos continuar cumprindo a lei e atendendo todas as exigências dos fiscalizadores, porém, podemos fazer isso tudo de forma muito melhor.

Quando a partir de 1984 privilegiamos na Riocell o conceito da fábrica isenta de resíduos sólidos, focamos nossas artilharias na reciclagem. Quando a partir de 1998 nossa meta se voltou para a redução ou eliminação de resíduos na origem, passamos a valorizar mais a prevenção ou redução. Porém, sem descartar a reciclagem para os resíduos impossíveis de serem eliminados após as otimizações para reduções. Mais uma vez os Rs ambientais reunidos (Reduzir, Reusar, Reaproveitar internamente, Reciclar externamente – e nessa ordem de prioridades).

Reduzir consiste em:

- Prevenir a geração;
- Otimizar a seleção e o consumo de matérias-primas;
- Racionalizar o uso dos insumos;

- Reduzir perdas e desperdícios, focando os pontos onde elas estão ocorrendo.

Reusar significa:

- Detectar onde estão ocorrendo as perdas e reintroduzi-las no processo de forma que sejam consumidas como deveriam sê-lo. Exemplo, uma perda de licor preto é devolvida ao processo, seguindo para a evaporação e caldeira de recuperação.

Reaproveitar (internamente) consiste em:

- Utilizar um material descartado em alguma outra operação. Exemplo - uma água recuperada em uma área sendo utilizada por outra e para outra finalidade. Outros exemplos: varreduras de material orgânico sendo enviados para queima na caldeira de biomassa; recuperação de fibras perdidas no branqueamento e enviadas para a fabricação de um papel de segunda dentro da própria fábrica; recuperação dos restos de obras para aterros internos dentro da empresa, etc.

Reciclar (externamente) significa:

- Desenvolver subprodutos ou vendas a partir dos resíduos gerados de forma que possam ser comercializados externamente a clientes interessados, atendendo todos os requisitos legais para essas novas destinações.

Exemplos: composto produzido a partir de lodos; lama de cal vendida como corretivo de acidez do solo; resíduos da depuração sendo comercializado com fábrica de papel "tissue"; aplicação das cinzas das caldeiras de biomassa como fertilizante nos solos florestais; venda de lama de cal e cal queimada para fabricantes de argamassa; etc.

Esses procedimentos quando praticados nos garantirão:

- Muito menor geração de resíduos sólidos nos processos industriais;
- Redução nos gastos de matérias-primas, insumos e energia, com conseqüentes menores custos de fabricação;
- Aumento da vida útil dos aterros industriais de disposição final de resíduos sólidos;
- Redução das fragilidades potenciais de passivos ambientais;
- Maiores garantias de atendimento às exigências legais;
- Redução de gastos com remediação de áreas degradadas;

- Respeito à cidadania dos indivíduos que trabalham com os lixos e das comunidades circunvizinhas;
- Garantia de menores impactos ambientais e sociais na área de influência do empreendimento;
- Diversificação na cadeira produtiva, gerando novos negócios a partir da comercialização dos resíduos;
- Maior respeito à Natureza e aos recursos naturais;
- Etc., etc.

Considerando as enormes evoluções que vêm ocorrendo na aplicação desses conceitos e das melhores práticas ambientalmente corretas, bem como de tecnologias mais limpas, eu gostaria de reforçar alguns pontos chaves para a gestão desse sistema intrincado. Existem algumas bases fundamentais para que a gestão dos resíduos sólidos seja bem sucedida. São elas:

- Vontade política dentro do plano de sustentabilidade empresarial de se resolver a problemática dos resíduos sólidos, valendo-se de medidas eficazes e eficientes;
- Conhecimento técnico sobre os resíduos e sobre os limites das tecnologias disponíveis na empresa;
- Capacidade de medir e quantificar o que precisa ser feito para que se possam ter valorações físicas, ambientais, sociais e econômicas da situação presente;
- Postura pró-ativa e responsável em relação à legislação, ao meio ambiente, à segurança dos cidadãos circunvizinhos e dos empregados da empresa;
- Capacidade de privilegiar o simples, de inovar e de ousar;
- Capacidade de lançar um bom plano de gestão integrada de resíduos sólidos, mas de pô-lo em prática de forma ecoeficiente;
- Desenvolvimento de consciência coletiva para a segregação dos resíduos sólidos nos locais de sua origem;
- Investimentos em aperfeiçoamentos capazes de permitirem otimizações e flexibilidades na prevenção da geração e na reciclagem dos resíduos sólidos;
- Obtenção de apoio e envolvimento das áreas críticas da empresa (florestal, operações industriais, logística, meio ambiente, manutenção, etc.);
- Não ter preconceitos em relação aos resíduos. Lembrar que um resíduo nada mais é que uma matéria-prima boa que foi disposta como poluição por nossas próprias ações operacionais.
- Acreditar e confiar (com base nas avaliações feitas) nos produtos gerados pela reciclagem, tanto em sua qualidade de utilização, como na segurança para os usuários;

- Capacidade de desenvolver mercados para os produtos da reciclagem, inclusive dentro da empresa ou do grupo de empresas (exemplo: área florestal, caldeira de biomassa, etc.).
- Acreditar, trabalhar duro e ter a capacidade de criar envolvimentos e relações confiáveis.

Apenas uma breve referência sobre o item acreditar nos produtos da reciclagem. Como já lhes disse, em toda minha vida na Riocell, trabalhando no desenvolvimento tecnológico de produtos da fábrica de celulose e na qualidade ambiental, sempre, absolutamente sempre, comprei o composto orgânico produzido pela empresa Vida para uso em minhas hortas e nos jardins de minha casa. Até hoje faço isso. Dele sempre tirei flores e alimentos para uso em casa com minha família. Eu sempre acreditei na saúde ambiental desse processo, por isso, jamais temi os produtos da reciclagem, pelo contrário, sempre me encantaram. Minha teoria foi sempre a seguinte: se eu não acreditar, se eu for eventualmente temeroso em no uso deles, como vendê-los então a terceiros? Até hoje, 20 anos depois do composto orgânico ter sido lançado no mercado com o nome Humoflor pela empresa Vida Produtos e Serviços em Desenvolvimento Ecológico, sou fiel usuário do mesmo. Até mesmo porque é de baixo custo, alta eficiência e disponível em qualquer boa floricultura ou supermercado no município de Porto Alegre e vizinhanças. Um produto que a cada vez que utilizo, principalmente na entrada da primavera para renovar meus jardins e pomar, fico muito orgulhoso por ter sido parte dessa história de reciclagem e de respeito à Natureza. Um produto que surgiu da fé, determinação e trabalho de uma enorme equipe de entusiastas pela conservação dos recursos naturais e pela saúde ambiental dos empreendimentos industriais.

==========

RESÍDUOS & RESÍDUOS: QUANTO TEMOS REALMENTE DELES EM NOSSAS FÁBRICAS?

Já comentamos para vocês sobre os diversos tipos de resíduos sólidos industriais que são gerados em uma fábrica de celulose e papel. Também salientamos diversas vezes que eles representam quantidades muito grandes em nossas fábricas.

Em capítulo anterior sobre os resíduos orgânicos fibrosos mostramos como eles podem e devem ser eliminados através formas inovadoras e audaciosas para se recuperá-los no próprio processo, ou através de reciclagem externa. Afinal, eles são as fibras de nosso processo, o mais valioso material de nossas fábricas.

Esse capítulo é destinado a lhes apresentar os diversos tipos de resíduos sólidos industriais que ocorrem na fabricação de celulose e papel. Procurarei lhes apresentar também uma proposta de gestão integrada, sobre os pontos chaves a se concentrar para um trabalho ecoeficiente nessa gestão. Em tipos, esses resíduos não são muitos, mas em volumes e pesos, isso eu posso garantir que são significativos. Conforme o processo industrial, a geração pode variar de 40 a 850 kg de resíduos (peso úmido tal qual) por tonelada de celulose ou papel produzido. Isso significa, que ao mesmo tempo que se produz nossa celulose de mercado, ou nosso papel, temos uma "fábrica oculta" simultaneamente produzindo resíduos. Tudo isso precisa ser muito bem avaliado, quantificado, otimizado e resolvido da melhor e mais correta maneira ambiental. Essa fábrica oculta demanda equipamentos pesados, áreas enormes de espaço físico, construções, estradas, pessoas, controles, monitoramento, fiscalizações, documentação, etc. Enfim, é uma atividade que ocorre paralela à atividade fim da empresa de celulose e papel. Em geral, a maioria dos gestores da fábrica não está atenta a ela, embora nossos clientes, investidores e acionistas possam considerar o fato de sua gestão como muito relevante. Muitos gestores técnicos só descobrem essa fábrica oculta quando sentem-se absolutamente "atolados" de resíduos, não encontrando mais onde dispor os seus resíduos gerados nas suas operações industriais.

O charme da linha de fibras de qualquer fábrica praticamente aniquila a atenção sobre os resíduos. Tanto é fato, que na reunião diária de produção falam quase sempre (e muito), os gerentes de produção (linha de fibras e máquinas de produtos finais), de manutenção e das utilidades (caldeiras, águas e efluentes). Em geral, o setor de resíduos tem pouco espaço, ficando para falar algo ao final da reunião. Sempre comenta que as coisas correm bem, apenas tendo mais espaço quando algo anormal ou algum acidente ocorreu. Muitas vezes, as empresas comportam-se em relação aos resíduos da mesma forma que muitas famílias em relação ao seguro de seus lares contra roubos. Só fazem o seguro depois de terem sido roubadas. Há empresas que só descobrem o problema dos resíduos depois que rompe uma barragem de um aterro e os resíduos contaminam grande extensão das áreas vizinhas ou algum rio da região.

Não entendo como algo que chega a ser gerado em quantidades tão expressivas e em tamanha diversidade de tipos e necessidades ganha tão pouco espaço nas atenções de muitos gestores empresariais.

É interessante se mencionar o caso da CENIBRA, empresa de produção de celulose de mercado, que assumiu em evento técnico da UFV – Universidade Federal de Viçosa - a geração de cerca de 850 kg de resíduos sólidos por tonelada de celulose produzida. Nesse evento que ocorreu em 2005, a empresa (através de se engenheiro de meio ambiente Alexandre Landim) detalhou o problema e a solução do problema. A empresa tinha baseado sua matriz energética no consumo da casca como biomassa combustível. Por essa razão, todas as toras de madeira eram trazidas para a

fábrica e ali descascadas. A casca separada da madeira seguia para as caldeiras de biomassa e a madeira para o processo de produção de celulose. Acontece que as modernizações tecnológicas implementadas na empresa a tornaram mais eficiente em uso de energia. Também, nos balanços de energia ocorria grande aporte de madeira (serragem, cavacos sobre-espessos, lascas) como biomassa energética. Em resultado disso, a casca começou a sobrar na área do pátio de madeira, transformando-se no principal resíduo sólido da fábrica. Surgiram montanhas de casca e as alternativas para compostá-la foram as que apareceram em primeiro lugar nas avaliações. Mas isso não era para resolver o problema em sua raiz, mas sim para usar o resíduo como fonte de matéria-prima em um processo de compostagem. Apesar de boa para o meio ambiente, essa não era a melhor solução ambiental. Sabiamente, os técnicos da empresa optaram por descascar parte da madeira no campo, deixando de trazer volumes significativos de casca para a fábrica. Resolveu-se o problema de excesso de resíduos sólidos na fábrica e ao mesmo tempo se agregou qualidade física, química e microbiológica dos solos florestais. Definitivamente, a melhor e mais ecoeficiente solução naquele momento presente. O resíduo diminuiu e a Natureza ganhou em qualidade.

Já a empresa Riocell (hoje Aracruz Celulose Unidade Guaíba), a qual lhes relatei como uma das mais eficientes em reciclagem de resíduos, apresenta também uma elevada geração de resíduos sólidos industriais, cerca de 400 – 450 kg (peso tal qual) por tonelada seca ao ar de celulose de mercado produzida. Essa enorme quantidade de resíduos é que levou a empresa a buscar soluções no desenvolvimento da reciclagem.

A geração elevada de resíduos sólidos na Riocell da minha época tinha as seguintes razões principais:

- A serragem da classificação dos cavacos era separada e vendida como resíduo já que a empresa não optara por caldeira de biomassa. A serragem era gerada na proporção de 40 a 60 kg/adt (peso tal qual) ou 20 a 30 kg secos por adt de celulose. (adt = tonelada seca ao ar de celulose)
- A caldeira de força era alimentada por carvão mineral gaúcho, fonte de combustível abundante na região. Entretanto, apesar de conveniente energeticamente, esse carvão é rico em cinzas minerais (35% em média). As gerações de cinzas leves bastante secas (80 a 130 kg/adt) e de cinzas pesadas úmidas (30 a 40 kg/adt) ocorriam em grandes quantidades em função da qualidade do carvão e da opção de combustível.
- A empresa possui tratamento terciário de efluentes, com uma etapa final com clarifloculação com sulfato de alumínio para redução de cor e de DQO - Demanda Química de Oxigênio. Essa etapa gera grandes quantidades de lodo terciário rico em sulfato

de alumínio devido à sua ação precipitante. Todos os três lodos são misturados e desaguados a cerca de 18 - 20% de consistência. As quantidades de lodos gerados em seus pesos úmidos eram as seguintes:

Lodo primário: cerca de 20 kg/adt
Lodo secundário: cerca de 35 kg/adt
Lodo terciário: cerca de 105 kg/adt
Lodo total = cerca de 160 kg/adt de celulose de mercado produzida

Com muita determinação a empresa desenvolveu mecanismos de reciclagem da praticamente a totalidade desses resíduos volumosos: serragem de madeira, cinzas da caldeira de carvão e lodos da estação de tratamento de efluentes. De qualquer forma, o que eu queria lhes mostrar é que a cada tonelada de celulose seca ao ar (900 kg de celulose absolutamente seca) se geravam 400 - 450 kg de resíduos sólidos (peso úmido), sendo alguns desses resíduos preferencialmente gerados pelas opções tecnológicas feitas pela empresa.

Nessa seção pretendo lhes mostrar os tipos e as quantidades desses resíduos sólidos industriais do processo de fabricação de celulose. Entretanto, antes disso, é importante saber como esses resíduos são classificados no Brasil. Com isso, poderemos comentar logo a seguir cada tipo de resíduos com suas particularidades, periculosidades e classificação.

De acordo com a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – são considerados resíduos sólidos industriais todos os desperdícios ou perdas do processo fabril que se encontram em estado sólido e semi-sólido, incluindo-se os lodos das estações de tratamento de efluentes. Incluem-se também nessa classificação, quaisquer líquidos pastosos, cujas características os impeçam de serem considerados efluentes a tratar na ETE. Nessa situação, podem-se até mesmo encontrar suspensões de lodos diluídos a cerca de 1 a 3% de consistência, em fábricas que não dispõem de prensas ou centrífugas para desaguá-los.

A principal das normas da ABNT é aquela que classifica os resíduos sólidos industriais: "NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação". Essa norma visa a separar os resíduos conforme os seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando formas de manuseio e gestão a cada tipo, conforme a classificação.

De uma maneira bem simplificada, os resíduos sólidos no Brasil são separados em 3 grupos:

Resíduos Classe I – Resíduos Perigosos
Resíduos classe II – Resíduos Não Perigosos (com duas sub-divisões)
Resíduos Classe IIA – Não Inertes
Resíduos Classe IIB - Inertes

Os resíduos perigosos (isolados ou misturados) são aqueles que, por suas características, podem significar riscos graves à saúde pública (doenças, mortalidade, acidentes). Dentre as características consideradas destacam-se: toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade química, patogenicidade, etc. Para serem classificados como perigosos, os resíduos são submetidos a ensaios de lixiviação, corrosividade, toxicidade, conteúdo e componentes químicos, etc.

Os resíduos não perigosos não inertes (classe IIA) são resíduos ou misturas de resíduos que não oferecem riscos de perigo à população, mas que apresentam características químicas ou físicas que não os colocam como inertes. Possuem propriedades tais como: sofrem biodegradação, liberam gases de odor, apresentam solubilidade em água e portanto liberam chorume químico escuro que pode ter odor forte e desagradável, podem ter risco de auto-combustão, etc.

Os resíduos não perigosos e inertes (classe IIB) como o nome diz são inertes quando submetidos a testes de solubilização, lixiviação, não liberando constituintes químicos acima dos limites estabelecidos por outras normativas da própria ABNT. Como exemplos de resíduos inertes podemos citar: pedras, rochas, vidros, plásticos, borrachas, pneus, sucatas, etc. Todos são de difícil decomposição em condições naturais e pouco liberam de gases ou de chorume ao ambiente circunvizinho.

Todo resíduo industrial no Brasil precisa ter sua classificação estabelecida com base nessas avaliações de composição, toxicologia e periculosidade. Existem diversas normas da ABNT para isso. Só a partir dessa classificação é que se podem estabelecer programas de disposição, compostagem, reutilização, aplicação em solos agrícolas ou florestais, etc. Nossa legislação brasileira e os órgãos de controle, licenciamento e fiscalização são muito cautelosos em relação ao aproveitamento de resíduos sólidos - nada melhor e mais correto. É preciso muita segurança com o trato e com a disposição dos resíduos sólidos industriais. Qualquer resíduo não inerte jogado em terreno sem preparo adequado pode liberar um chorume químico que vai penetrar no perfil do solo, podendo atingir o lençol de águas subterrâneas. Pode também ser arrastado para longe desse local em dias de chuva forte, contaminando rios e solos. Admitindo que existam captações dessa água contaminada para abastecimento humano, mesmo os resíduos não inertes podem oferecer riscos.

Por isso tudo, o rigor é necessário e desejável. Quem gera resíduos sólidos deve entender e exercer seu papel de gerenciá-los de acordo com a lei e mesmo muito além dela (a conhecida "beyond compliance").

A maioria dos resíduos sólidos industriais gerados no processo de fabricação de celulose e papel são Classe IIA – Não Perigosos - Não Inertes, logo não são considerados da classe dos perigosos. Entretanto, existem resíduos que são considerados perigosos (Classe I) pois são altamente cáusticos e podem oferecer problemas para a população circunvizinha. É o

caso dos rejeitos do digestor (chorume muito alcalino, escuro e corrosivo), da cal virgem (alcalinidade elevada e corrosividade). Além disso, temos como perigosos os resíduos de óleos e graxas, baterias, lâmpadas fluorescentes, lixos radioativos, lixos hospitalares, embalagens com resíduos de produtos químicos, etc.

Como resíduos inertes praticamente só podemos citar as sucatas metálicas e de construção civil, restos de obras e o lixo seco da coleta seletiva na área administrativa. Portanto, a legislação brasileira coloca todos os resíduos da fabricação de celulose e papel como Classe IIA – Não Inertes ou então Classe I – Perigosos.

Obviamente temos materiais inertes em nosso processos, mas na forma de matérias-primas, tais como o carbonato de cálcio natural moído ou o caulim. Caso eles sejam perdidos, podem-se misturar com outros resíduos e passam à classificação de Não Inertes ou de Perigosos, conforme os outros resíduos que os acompanharem.

Nossas fábricas podem ainda mostrar eventualmente algum resíduo químico que pode ser considerado perigoso. É o caso do sulfato ácido de sódio ou da lama de bário, ambos produtos da planta de produtos químicos. Falaremos sobre eles mais adiante.

É muito importante que no conceito de engenharia das fábricas que se eliminem as possibilidades de produtos químicos perigosos serem gerados e terem que ser removidos para fora da fábrica como resíduos. Isso agrega muito maior complexidade à gestão dos resíduos sólidos industriais.

Passaremos então a seguir a uma breve navegada por cada um dos principais resíduos sólidos gerados nos processos de produção de celulose e papel, com breve descrição, fotos e quantificações mais prováveis desses materiais. Essa será uma navegada introdutória, já que pretendemos nos dedicar mais a cada tipo de resíduo em próximos capítulos.

• Casca suja das toras de eucalipto

A casca suja aparece em função de duas ocorrências principais: limpeza e varreduras do pátio de estocagem de toras e lavagem das toras descascadas.

É um resíduo constituído de casca, folhas, galhos finos e muita areia/terra. Quanto mais suja ou mal descascada as toras de madeira, maior a sua geração. Quanto pior o pátio de toras em relação ao seu piso, idem. São resíduos indesejáveis pois seu nível de contaminação com terra é alto, a umidade também. Isso acaba desqualificando o material como combustível para a caldeira de biomassa, a não ser que se adotem medidas especiais de manuseio e separação. As formas mais usuais de se trabalhar esse resíduo

são pela prevenção de geração e compostagem isoladamente ou em misturas com lodos orgânicos ou outros resíduos.

A geração é muitíssimo variável, bem como o teor de umidade e de outros contaminantes como areia, pedras, galhos, folhas, etc. Isso tudo depende de uma série de atores ao longo do processo e de seus cuidados: colheita da floresta, transporte florestal, tipo de pátio de estocagem de toras, lavagem das toras, etc., etc.

Os valores mais usuais variam entre 10 a 30 kg base úmida por tonelada seca ao ar de celulose. Trata-se de material extremamente úmido pela alta adição de água de lavagem para as toras. Sua umidade varia entre 60 a 80%. O teor de terra/areia chega em muitos casos a 25 a 50% base peso seco.

Casca suja do pátio de estocagem de toras

Areia suja extraída na seção de lavagem de toras

- **Serragem de madeira**

Trata-se de um resíduo pouco freqüente, já que a maioria das empresas costuma queimá-la como combustível em suas caldeiras de biomassa. Entretanto, caso a empresa tenha geração de serragem como resíduo, ele é definitivamente um resíduo classe IIA – Não Inerte, pois a madeira costuma fermentar, libera chorume e existe o risco até de uma auto-combustão expontânea.

Serragem de madeira

Aterro de serragem de madeira e sua gradual reabilitação com eucaliptos após seu encerramento

As quantidades geradas desse resíduo dependem muito da qualidade da madeira, dos picadores e do sistema de classificação de cavacos. Fábricas modernas, com sistemas eficientes de picagem e classificação e trabalhando com madeira clonal melhorada e mais uniforme geram no máximo 0,5 a 1% de serragem base madeira seca. Isso irá corresponder a 10 a 20 kg de serragem seca por tonelada de celulose, ou cerca do dobro em termos de serragem na umidade em que é gerada (cerca de 50%).

- **Rejeitos do digestor**

Trata-se de um dos piores resíduos da fabricação de celulose. Em geral, sai bastante úmido, com licor preto livre que se libera para o solo, para o piso, para os veículos de transporte, para as ruas, etc. Deve-se de todas as maneiras evitar a sua saída da fábrica. É um dos resíduos mais típicos para ser reutilizado de novo no processo, retornando ao digestor para recozimento. Outras alternativas são reaproveitamentos internos como produção de pasta semi-química ou queima na caldeira de biomassa.

Apenas para se ter uma noção do grau de contaminação desse rejeito, basta mencionar que uma extração em 2 litros água de cerca de 100 gramas secas de rejeitos de digestor de polpação kraft de eucalipto resulta em um chorume com cerca de 7.000 ppm de DQO e de 1.200 ppm de sódio. Algo muito difícil de ser gerenciado caso o rejeito seja disposto em aterros industriais. Como se trata de resíduo classe I, a disposição é muito mais onerosa e complexa. Além do mais, o chorume alcalino desflocula as argilas do solo, desestruturando até mesmo as camadas de argila compactadas dos aterros. Um filme de terror a ser administrado. Por isso mesmo, reciclem internamente, não pensem nunca em retirar da fábrica para disposição. Mesmo a venda externa deve ser cautelosa e acompanhada pelo órgão ambiental de controle e licenciamento, já que esse material é um resíduo dito perigoso.

Caso a fábrica opte por não reciclá-lo internamente, as gerações como resíduos sólidos são expressivas, entre 10 a 20 kg absolutamente secos por tonelada de celulose produzida. Isso em termos úmidos chega a triplicar.

Sistema hermético para recolhimento de rejeitos e palitos do digestor em função de seu potencial contaminante

- **Palitos da depuração de massa não-branqueada**

Esse resíduo industrial é tão problemático como os rejeitos do digestor. Sua capacidade de gerar chorume cáustico e contaminante é até mesmo maior e mais rápida do que os rejeitos do digestor, pela sua maior superfície específica (partículas menores drenam mais lixiviado). Isso pode ser comprovado pela extração aquosa desse material. Para as mesmas 100 gramas secas de palitos extraídos com 2 litros de água se obteve cerca de 15.000 ppm de DQO e 1.200 ppm de sódio.

Também é um resíduo para não sair da área da fábrica, devendo entrar em processos internos de reciclagem, reuso ou reaproveitamento. Há os que se interessam em desfibrá-lo, outros preferem se livrar queimando-o na caldeira de força de biomassa. Se a opção for por venda externa, deve-se manter na mente que a legislação brasileira determina responsabilidade compartilhada entre as partes envolvidas: gerador, transportador e usuário. Portanto, seu problema com esse resíduo não termina com a venda. Pelo contrário, pode estar começando uma nova dor de cabeça com a justiça ou com o órgão de fiscalização ambiental. A empresa que comprá-lo se for desfibrá-lo vai gerar um efluente escuro e carregado em alcalinidade e DQO. Isso exigirá tratamentos eficientes e autorizados pela entidade de licenciamentos ambientais. Portanto, atenção, se vocês estiverem, comercializando esse resíduo, acompanhem muito bem o processo todo. Estabeleça ainda um bom programa de auditorias na fábrica do usuário para conhecer se as operações são seguras e autorizadas também.

Palitos da depuração da massa marrom

Esse tipo de rejeitos quando gerado como resíduos correspondem a cerca de 2 a 10 kg absolutamente secos por tonelada de celulose seca ao ar. Quando úmidos, podem pesar entre 2 a 3 vezes mais.

Muitas fábricas que descartam esse resíduo costumam fazê-lo conjuntamente aos rejeitos do digestor, por sua semelhança nas características e na classificação.

- **Lodos da ETE - Estação de Tratamento de Efluentes**

Lodo desaguado de ETE

As quantidades de lodos geradas são bastante variadas entre as diversas unidades produtoras de celulose e papel de eucaliptos.

Essas taxas de geração variarão basicamente em função de:

- Perdas de fibras (lodo primário);
- Contaminações de areia e terra (lodo primário e lodo de desarenação);
- Perdas de matéria orgânica em efluentes setoriais (resultam em lodo secundário);
- Opção para tratamento terciário por clarifloculação com sulfato de alumínio ou policloreto de alumínio (lodo terciário).
- Qualidade da água bruta tratada na ETA – Estação de Tratamento de Águas e eventual envio do lodo para se misturar com o lodo da ETE.

Na maioria dos casos, a consistência desses lodos varia entre 15 a 35%, nas melhores situações esses valores mais altos são alcançados, mas não são usuais. Para se facilitar o desaguamento do lodo e com isso melhorar a consistência dos mesmos na sua retirada, algumas empresas utilizam pó de serragem mesclada ao lodo. Esse pó de serragem deve ser fino e parecido a um material plumoso. Essa serragem também melhora o poder calorífico do lodo quando a forma de se tratar o lodo gerado for por incineração na caldeira de biomassa.

Pó de serragem para mistura ao lodo para facilitar desaguamento e prensagem dos lodos da ETE

Há muitas formas para se gerenciar o destino dos lodos primários, secundários e terciários. Algumas empresas o recuperam dentro da própria fábrica, queimando-os em caldeira de biomassa. Essa queima precisa ser autorizada pelo órgão de licenciamento. Com a mistura com serragem da madeira, o lodo deixa de ser pastoso e toma um aspecto mais denso, como grumos com maior consistência. Isso favorece a queima, pois a serragem é mais seca e de adequado poder de queima.

Em próximos capítulos discutiremos mais sobre lodos, mas agora é importante saber que os lodos são volumosos resíduos com destinações as mais variadas: aterro, compostagem, aplicação ao solo, queima como biomassa, etc.

As quantidades geradas de lodos variam dentro das seguintes faixas:

Lodo primário: 0,8 a 6 kg absolutamente secos (kg a.s.) por tonelada de celulose seca ao ar (adt)

Lodo secundário: 3,5 a 10 kg a.s. /adt celulose

Lodo terciário: 10 a 20 kg a.s./adt celulose

Em termos úmidos, essas quantidades variam em função do teor de umidade praticado no desaguamento/ prensagem ou centrifugação do lodo.

Quando a 17% de consistência:

Lodo primário: 5 a 35 kg tal qual por tonelada de celulose seca ao ar (adt)

Lodo secundário: 20 – 58 kg tal qual /adt celulose

Lodo terciário: 59 a 118 kg tal qual /adt celulose

Quando a 30% de consistência:

Lodo primário: 2,7 a 20 kg tal qual por tonelada de celulose seca ao ar (adt)

Lodo secundário: 11,5 a 33 kg tal qual /adt celulose

Lodo terciário: 33,5 a 67 kg tal qual /adt celulose

Acredito que fica clara para vocês a importância do teor de umidade ou a consistência de extração do lodo que será manuseado. Como os lodos são recolhidos, transportados, compostados ou aterrados com base em seu peso tal qual, quanto menor a umidade dos mesmos, melhor para as operações e menores são os custos envolvidos.

Porquê então as pessoas prestam tão pouca atenção nas umidades dos resíduos sólidos industriais, entre os quais as dos lodos?

Porquê tão poucas empresas possuem seus pontos de descarga de lodos ou resíduos sólidos abrigados das águas de chuva?

Porquê tão pouca atenção se dá ao chorume que se verte dos resíduos e que acaba voltando pelo sistema de prevenção de perdas para novo tratamento na estação de tratamento de efluentes?

Difícil mesmo de entender essa lógica de descaso com as umidades dos resíduos sólidos. Acabamos de ver no caso dos lodos a enormidade que isso representa em toneladas adicionais geradas quando o resíduo está mais úmido. Algumas empresas entretanto preocupam-se com isso, muito salutar.

Descarga de lodo em caçamba hermética na Cambará Produtos Florestais

Deve ficar muito claro que a maioria das empresas não possuem tratamento terciário, o qual só é solicitado em situações especiais com cursos d'água de baixos fluxos ou para áreas de turismo e lazer, etc. Quando temos lodo terciário, a geração de lodos é significativamente maior. Além disso, o efluente tratado com sulfato de alumínio tende a apresentar inclusive uma certa eco-toxicidade crônica devido ao residual desse químico de alumínio floculante. Por essas razões, o tratamento terciário vem sendo destinado apenas a fábricas em situações de localização ambiental delicada. Há estudos sendo realizados para utilização de outros floculantes químicos (PAC – policloreto de alumínio, compostos tanínicos, polímeros, etc.). Nas poucas fábricas que usam o tratamento terciário com floculação com sulfato de alumínio, uma parte significativa do peso seco do lodo é o material de sulfato de alumínio que se agrega ao lodo terciário. Por essa razão, vou-lhes apresentar a seguir a geração de lodo total de uma fábrica com e sem tratamento terciário de efluentes para se entender melhor o impacto do tratamento terciário na geração de lodo nas ETEs, algo que parece que fica esquecido pelos legisladores quando focam apenas na qualidade do efluente tratado e se esquecem dos resíduos sólidos gerados.

Geração de lodo total (primário e secundário apenas):

Base 100% seco: 4,5 a 16 kg absolutamente secos/adt celulose
Base 17% secos: 25 a 90 kg tal qual/adt celulose
Base 30% secos: 15 a 50 kg tal qual/adt celulose

Geração de lodo total (primário, secundário e terciário):

Base 100% seco: 15 a 36 kg absolutamente secos/adt celulose
Base 17% secos: 84 a 210 kg tal qual/adt celulose
Base 30% secos: 48 a 120 kg tal qual/adt celulose

Em algumas situações, o peso de lodo pode estar acrescido de alguma quantidade de serragem de madeira, que é adicionada para facilitar o desaguamento.

De qualquer maneira, essas quantidades de lodos gerados são muito variadas e muito particulares de cada fábrica, de suas perdas, de seus tratamentos e do "design" básico de seu projeto.

- **Lodo da ETA - Estação de Tratamento de Água**

Até recentemente esse tipo de lodo costumava ser direcionado para mistura com os lodos primário e secundário da Estação de Tratamento de Efluentes. Entretanto, com o crescente conhecimento do papel eco-toxicológico do sulfato de alumínio, já é comum se retirar esse lodo em separado. Com isso, evita-se enviar sulfato de alumínio para a ETE, o que significaria de alguma maneira que o sulfato de alumínio poderia chegar até a colônia de microrganismos do tratamento secundário. Com isso, garante-se melhor qualidade em sanidade à cultura microbiológica do lodo ativado.

Esse lodo da ETA lembra muito um lodo de barro, de argila, sendo bem mais fácil de ser desaguado. Sua reciclagem externa também não é difícil, sendo procurado pelas empresas que fabricam tijolos e cerâmicas.

As quantidades geradas são pequenas, entre 0,5 a 0,7 kg absolutamente secos por tonelada seca ao ar de celulose. Em termos úmidos varia entre 1,5 a 2,5 kg (tal qual) por adt celulose.

Lodo de ETA prensado

- **Lodo da fabricação de papel**

Esse tipo de lodo é também extremamente variável em qualidades e quantidades. Isso em função dos diferentes tipos de papel, das matérias-primas utilizadas e se o papel é feito a partir de fibras virgens ou recicladas. A geração de lodo é muito mais abundante em papéis reciclados, especialmente para papéis reciclados brancos ou coloridos. No caso de papéis marrons de embalagens, onde a participação das cargas é mínima, esse resíduo não é tão abundante, sendo mais constituído de fibras perdidas

do processo e de finos (fibras degradadas e células de parênquima). Entretanto, na fabricação de papéis tipo higiênico a partir de aparas mistas de papel, a geração de lodo é enorme. Somem-se ainda as perdas de fibras, o lodo do destintamento mais o material residual da limpeza e depuração da massa. Isso acaba resultando em um lodo fibroso e com alto conteúdo de cargas minerais, as mesmas que estavam presentes nas aparas de papel e que serviram de base para a reciclagem e reaproveitamento das fibras.

Lodos de fabricação de papel constituem por isso mesmo em uma espécie de fauna variada, há lodos e lodos, alguns com alta ou baixa drenabilidade e desaguamento, outros com maiores ou menores conteúdos de compostos que causam eco-toxicidade, etc. Existem lodos ricos em carbonato de cálcio, outros ricos em caulim, há lodos que possuem residuais de íons metálicos usados nas tintas de impressão, etc., etc. Alguns lodos são muito fibrosos podendo até mesmo merecer um uso para produtos de polpa moldada. Os lodos ricos em carbonato de cálcio ou caulim são muito bem-vindos na fabricação de cerâmicas.

Enfim, toda essa diversidade será mais discutida em nosso capítulo **Lodos e Cascas** de nosso **Eucalyptus Online Book**. No momento, é importante saber que as quantidades base seca desses lodos podem variar em faixas de amplitude largas. Exemplos:

Lodo da reciclagem de papéis de embalagem: 30 a 60 kg a.s. por tonelada de papel produzido

Lodo de reciclagem de papel "tissue": 200 a 400 kg a.s. por tonelada de papel produzido

Lodo de papel branco em fábricas integradas (sem fábrica de celulose): 15 a 30 kg a.s. por tonelada de papel produzido

No caso de fábricas integradas de papéis, quer sejam brancos ou marrons (embalagens), os lodos finais resultam da mistura dos efluentes das fábricas de celulose e de papel. Como os efluentes se juntam para o tratamento, os lodos primários, secundários e eventualmente terciários contém proporcionalmente os contaminantes separados ou transformados de cada fabricação. Quando a fabricação envolve a fabricação de papel rico em cargas (caulim, carbonato de cálcio, dióxido de titânio) há algum favorecimento no desaguamento e prensagem do lodo. Por essa razão, as fábricas integradas valorizam, e também de forma "ingênua", o fato de que as perdas minerais facilitam o desaguamento dos lodos.

- **Cinzas minerais da caldeira de biomassa**

A madeira e a casca dos eucaliptos que são utilizadas como biomassa energética possuem um certo teor de minerais em sua composição. O teor de cinzas da madeira é bastante baixo (entre 0,3 a 0,5% base seu peso seco). Por outro lado, os teores de cinzas da casca das árvores dos eucaliptos já são bem mais altos (entre 3 a 7% base peso seco). Além desses minerais da constituição, a biomassa energética também possui contaminações de terra/areia e pedras. Isso acaba por elevar seu teor de cinzas de forma variável, muito em função dessas contaminações e das proporções de casca e madeira queimadas.

Quando casca e madeira são queimadas nas caldeiras de força alimentadas por biomassa energética, elas liberam o carbono, para a geração de energia. Cinzas e contaminantes minerais sobram como resíduos. Esses resíduos são denominados de cinzas. Parte dessas cinzas tendem a acompanhar os gases de exaustão, pois são muito finas. Essas cinzas leves ("fly ashes") são capturadas pelos lavadores de gases ou pelos precipitadores eletrostáticos (ou filtros). Outra parte das cinzas, contendo pedras, materiais vitrificados e mesmo pedaços de madeira ou casca não queimados, saem pela parte de baixo da caldeira, nas limpezas das fornalhas. Essas cinzas são denominadas cinzas pesadas, cinzas de fundo, ou "bottom ashes".

Em função da qualidade da biomassa (dimensões dos cavacos, umidade, contaminações, etc.), da tecnologia de queima das caldeiras e da retenção pelos filtros, podemos ter maiores ou menores gerações de cinzas. Quando a biomassa não é tão adequada (dimensões, umidade, etc.) ou a tecnologia de queima é precária, pode sobrar quantidade variável de carbono nas cinzas. Diz-se que a combustão foi incompleta. Em caldeiras eficientes, o teor de carbono residual é baixo, entre 0,3 a 3% base peso seco das cinzas. Já para caldeiras menos eficientes, esse teor de carbono pode chegar a valores acima de 10% e até mesmo a 30%. Isso porque a caldeira pode estar sobrecarregada, a umidade da biomassa muito alta, ou a distribuição dos ares de combustão na parte interna da caldeira não é adequada. Isso conduz a um desperdício de energia potencial que a biomassa possuía, mas que não foi extraída na combustão. Esse desperdício energético pode atingir valores de 0,5 a 3% do que estava disponível no combustível. As cinzas passarão a conter um carbono na forma de carvão, com alto poder calorífico, apesar do alto teor mineral.

Obviamente, com maiores teores de carbono residual, aumenta a geração de cinzas. Logo, a combustão incompleta resulta em maior geração de cinzas como resíduo sólido em nossas fábricas. Teremos mais material a manusear, dispor, reciclar ou aterrar. A primeira forma de se reduzir as quantidades de cinzas geradas é otimizando a queima na caldeira de força.

As cinzas da caldeira de biomassa constituem-se então nas sobras dos minerais e da matéria orgânica não queimada, após a combustão da madeira e da casca energética. Essas cinzas podem se obtidas de forma bastante seca, desde que recolhidas em recipientes ou abrigos herméticos ou protegidos das chuvas e águas de lavagem da área. Em algumas operações, as cinzas recebem adição de água para se resfriarem e com isso facilitar o manuseio pelas pessoas. Essa água adicionada aumentará o peso do resíduo, demandando assim mais esforço em seu manuseio e disposição.

Frente à ampla diversidade que temos, também é bastante variável a geração específica de cinzas pelas caldeiras de biomassa.

As fábricas mais modernas, com baixas necessidades de vapor (menos que 5 toneladas de vapor por tonelada ad de celulose) e de energia elétrica (menos de 0,7 MWh/adt celulose) demandam muito pouca energia adicional das caldeiras de força. Por essa razão, muitas fábricas possuem caldeiras de força reduzidas, já que a maior parte da energia é suprida pela caldeira de recuperação do licor kraft. Para fábricas mais antigas, com maiores demandas específicas de vapor e de energia elétrica, há muito maior exigência para a caldeira de força. Isso elevará a geração de cinzas na área.

Existem ainda situações onde a fábrica de celulose gera um excesso de energia elétrica para venda externa à rede pública ou a outra empresa próxima. Isso acaba afetando a geração específica de cinzas por adt de celulose. É preciso saber balancear muito bem para essas quantificações. Torna-se cada vez mais comum isso, a partir dessas muito ecoeficientes fábricas de celulose kraft disponibilizadas no setor, especialmente no Brasil, Chile e Uruguai. No Chile, a empresa CELCO/Arauco é uma das grandes provedoras de energia elétrica a partir da biomassa para a rede de fornecimento de energia à sociedade local.

Em termos de cargas específicas, a geração de cinzas varia entre 10 a 30 kg de cinzas absolutamente secas/adt de celulose produzida.

Excelente qualidade para cinza volante de caldeira com boa combustão da biomassa

Cinza de caldeira biomassa com teor elevado de carbono residual, sendo aplicada em povoamentos florestais de eucaliptos

- **Cinzas da caldeira de carvão mineral**

São poucas as fábricas de celulose de eucalipto que se utilizam de carvão mineral como fonte de combustível secundário. Em um país tão favorecido pela fotossíntese como é o caso do Brasil, as fábricas em geral utilizam a biomassa combustível como fonte de energia renovável. Entretanto, há situações específicas que levam a vantagens sociais e econômicas para o uso de carvão mineral. Como forma de incentivar o desenvolvimento de comunidades locais, nas proximidades de minas de carvão, há situações que levam a essa utilização por fábricas de celulose e/ou papel.

A geração desse tipo de cinzas também varia com a qualidade do carvão e com a tecnologia das caldeiras (idade tecnológica, ritmo de combustão, etc.).

Existem também aqui as chamadas cinzas volantes ("fly ashes") e as cinzas pesadas ("bottom ashes"). As cinzas volantes ou cinzas leves são constituídas de partículas pequenas que são carreadas pelos gases de combustão e são abatidas (recolhidas) por precipitadores eletrostáticos de altas eficiências de coleta. Com isso, evita-se criar forte poluição aérea na localidade. As cinzas pesadas resultam das lavagens de pisos, das paredes da caldeira, e mais o material recolhido pela limpeza a seco do fundo da fornalha da caldeira. Elas são variadas em composição e dimensões de partículas, podendo até mesmo conter pedacinhos de carvão com combustão parcial.

Quando o carvão possui má qualidade, rico em cinzas incombustíveis, a geração de resíduos é enorme, uma grande trabalho para os precipitadores eletrostáticos e para o pessoal de coleta e manuseio de resíduos sólidos. A grande vantagem é que esse material, tanto as cinzas volantes, como as cinzas pesadas possuem mercado garantido em processos de reciclagem externa. Igualmente especializado é o manuseio, em tanques herméticos, em operação absolutamente limpa. As cinzas são muito usadas pela indústria de cimento, para pavimentação de estradas ou para aterros de áreas degradadas pela própria mineração.

Geração de cinzas volantes: 40 a 120 kg a.s./adt celulose
Geração de cinzas pesadas: 10 a 30 kg a.s./adt celulose

- **Cinzas da caldeira de recuperação do licor kraft**

Cinzas químicas demandam exigências especiais para aterro industrial

As empresas de celulose kraft possuem hoje circuitos bastante fechados na área de recuperação de licor. Esse fechamento acaba por enriquecer os sólidos secos minerais do sistema de recuperação em íons cloreto e potássio. Ambos são indesejáveis para o processo, pois mudam a qualidade das cinzas dentro da fornalha da caldeira, tornando-as mais incrustáveis e mais corrosivas.

Por essa causa, as empresas de celulose kraft precisam realizar purgas dessas cinzas para manter dentro do tolerável os níveis de cloreto e potássio. Cloreto e potássio são íons abundantes na natureza e adentram às fábricas e seus circuitos principalmente pela constituição da madeira e insumos comprados. Através das purgas, perdem-se sais de sulfato e carbonato de sódio, mas com isso, elimina-se uma parte do cloreto e do potássio, trazendo-os a níveis de convívio. Infelizmente, algumas empresas purgam essas cinzas quentes direto para efluente, pois elas se dissolvem facilmente em água. Muitas vezes, fazem isso eventual e ocasionalmente, gerando cargas inadequadas para o efluente, em sua salinidade. Quem sofre muito com isso é a colônia de microorganismos do sistema de tratamento biológico. Considero que o descarte de cinzas para os efluentes é um ato de pouco respeito às nossas águas, já que esse sais passam incólumes por toda a estação de tratamento de efluentes, servindo apenas para aumentar a salinidade dos efluentes finais.

Já existem em funcionamento, e com boas eficiências, alguns tratamentos tipo "kidney" para remoção de cloreto e potássio das cinzas coletadas pelos precipitadores eletrostáticos das caldeiras de recuperação kraft. Com isso, recupera-se muito do sulfato e carbonato de sódio e resulta como resíduo uma solução concentrada rica em cloreto e em potássio. Sabendo-se que KCl é um produto interessante para a agricultura (fonte fertilizante de potássio), estamos estudando esse tema e discutiremos com mais propriedade no capítulo de resíduos sólidos minerais.

As quantidades de cinzas purgadas dependem muito dos teores de potássio e cloreto nas madeiras e insumos (exemplo: soda cáustica). Dependem também do grau de fechamento dos circuitos, tanto dos líquidos, como das cinzas recolhidas pelos precipitadores eletrostáticos. Caso a fábrica não disponha de sistema "kidney" de remoção de cloretos, as cinzas devem ser removidas na forma de resíduos sólidos e recicladas ou aterradas. A geração de cinzas por purga no sistema de cinzas da caldeira de recuperação varia entre 5 a 15 kg cinzas absolutamente secas /adt de celulose.

- **"Dregs" e "Grits" da caustificação do ciclo de recuperação do licor kraft**

"Dregs" e "Grits" misturados

Os "dregs" e "grits" são resíduos sólidos industriais gerados no ciclo de recuperação do licor de cozimento do processo kraft.

Os "dregs" constituem-se em material fino e escuro, que se sedimenta facilmente na clarificação do licor verde kraft. Na verdade, tratam-se de pequenos resíduos resultantes da combustão incompleta do licor preto que ocorre na fornalha da caldeira de recuperação. Essa espécie de carvãozinho ativo, de tamanho diminuto, lembra muito um pó de café, só que é muito alcalino pela presença de compostos cáusticos adsorvidos e/ou presentes de forma livre em sua superfície. Mesmo bem lavado, os "dregs" ainda mantém um residual cáustico e um pH elevado.

Os "grits" são resíduos formados na preparação da cal hidratada, quando se forma o leite de cal. Esse nada mais é que o resultado da hidratação da cal virgem (óxido de cálcio), formando-se uma solução de cal hidratada (hidróxido de cálcio). Como a cal virgem produzida no forno de cal não é absolutamente pura e tampouco é totalmente reativa, sobram resíduos de outros compostos vitrificados, areia, carbonato de cálcio não reativo, etc. Esses resíduos que não se dissolvem são removidos como "grits". É comum a presença de carbonato de cálcio nos grits, pois a calcinação da lama de cal nunca é completa no forno de cal. Também nos grits se agregam impurezas da cal ou do carbonato de cálcio comprados para "make-up" de cálcio no ciclo do cálcio. Para reduzir a quantidade de "grits" e melhorar a qualidade da cal virgem do forno e a filtrabilidade da lama de cal, muitos fabricantes de

celulose kraft estão comprando cal virgem (CaO) da mais alta qualidade no mercado, como fonte de reposição de cálcio no processo. Consideram que mesmo com o preço mais caro da cal virgem de mercado, os ganhos em produtividade e eficiência térmica (lama de cal mais seca na entrada do forno) são plenamente recompensados.

A maioria das fábricas remove "dregs" e "grits" de forma misturada. Apesar de gerados em locais distintos na área de caustificação e preparo do licor, os "dregs" e "grits" são ambos muito alcalinos e demandam por lavagem vigorosa e de muita qualidade para recuperar os compostos de sódio e cálcio. A mistura de ambos e envio para um filtro lavador eficiente tem sido a forma de se conseguir isso sem se ter a necessidade de dois sistemas de lavagem. Após a lavagem em filtros a vácuo ou sistemas de prensa, o teor de umidade da mistura desses resíduos varia entre 40 a 55%.

A geração para cada tipo de resíduo tem sido relatada como:

"Dregs": 6 a 15 kg absolutamente secos/adt celulose
"Grits": 0,9 a 2,5 kg absolutamente secos/adt celulose

Em termos úmidos, a geração conjugada de "dregs" e "grits" varia entre 15 a 40 kg/adt de celulose. Essa ampla faixa é função da qualidade da cal, das condições de combustão na caldeira, do dimensionamento do sistema de caustificação, da eficiência da lavagem e desaguamento, etc.

- **Lama de cal do ciclo de recuperação do licor kraft**

Lama de cal estocada para reciclagem interna ou externa

A lama de cal é um resíduo úmido que surge esporadicamente nas fábricas de celulose kraft. Sua geração ocorre nos momentos em que o forno de cal apresenta algum tipo de problema de manutenção ou operação (redução de carga ou parada). Como as fábricas não possuem o costume de parar a produção por causa do forno, elas passam a fazer a caustificação do licor a partir de cal virgem comprada no mercado até que a solução do problema de manutenção do forno de cal seja resolvido. Com isso, o ciclo de recuperação fica interrompido nesse ponto. Há entrada de cal virgem comprada, mas ocorre ao mesmo tempo uma sobra de lama de cal, já que o forno não tem condições de queimá-la e calciná-la. Quanto mais tempo o forno se mantiver parado e por mais tempo a situação persistir, maior será a geração do resíduo. Para paradas longas do forno de cal, as fábricas muitas vezes se vêem em apuros, pois em geral não estão preparadas para manusear e estocar tanto resíduo.

O consumo de cal virgem por tonelada de celulose é bastante elevado (170 a 210 kg CaO/adt de celulose). Como estequeometricamente falando a cada tonelada de cal virgem são necessárias no mínimo 1,79 toneladas de $CaCO_3$ pode-se notar que a cada tonelada de cal virgem comprada que for consumida nessas ocasiões, sobrará quase o dobro de lama de cal base seca. Essa situação é ainda piorada porque a cal virgem é produzida ou comprada a quase 100% secos, enquanto a lama de cal tem consistência que varia entre 60 a 80%. Logo, paradas do forno de cal são desastrosas ou um enorme pesadelo para quem gerencia resíduos sólidos em fábricas de celulose kraft. O ideal seria que esse resíduo pudesse ser de novo reincorporado ao sistema após o retorno de operação do forno de cal. Quando a fábrica possui condições adequadas para estocar a lama de cal, ou quando as quantidades são compatíveis à capacidade de absorção pelo processo, isso tem acontecido. Já há situações que as quantidades são tão significativas, que a única solução do gestor da fábrica é descartar a lama como resíduo sólido.

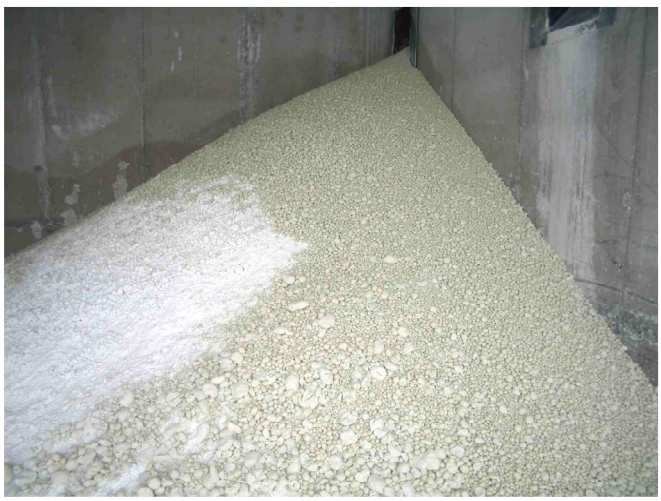
Os gerentes industriais das fábricas até que não se aborrecem tanto quanto a terem que descartar lama de cal do processo. Com o fechamento dos circuitos, o ciclo da cal vai-se contaminando com impurezas da madeira, sendo uma das mais prejudiciais o hidróxido de magnésio resultante. Esse composto dificulta a lavagem e o desaguamento da lama de cal. Por isso, a purga de alguma lama de cal é vista como operacionalmente interessante. Ou seja, às custas de uma inoportuna perda e de um resíduo gerado, consegue-se melhorar a operação posterior da área de caustificação. A lama de cal menos contaminada em hidróxido de magnésio acaba sendo melhor filtrada e desaguada, a cal virgem melhora de qualidade e terá melhor ação na caustificação. Além disso, a eficiência térmica do forno melhorará pois a lama de cal estará com maior consistência. Os técnicos então enxergam o perda de lama de cal eventual como um "mal que vem para o bem". Acontece que tudo isso pode ser feito de forma programada, com retiradas

ou purgas contínuas e planejadamente organizadas. A esse material purgado os gestores dos resíduos sólidos podem desenvolver mercados externos e com isso terem uma vida melhor e mais tranqüila. Entretanto, não estarão livres dos problemas de manutenção do forno de cal e de eventuais perdas maiores de lama de cal.

Como a geração desse resíduo ocorre de forma intempestiva e desconcertante, as quantidades geradas são absolutamente imprevisíveis. Por isso mesmo, existem enormes variações entre os dados das fábricas de celulose kraft. Há fábricas que passam muito tempo sem gerar lama de cal como resíduo. Em outras, trata-se de situação usual e crítica. As quantidades geradas dependem da idade e estado do forno de cal e sistema de lavagem e desaguamento da lama. Em situações mais características, as quantidades geradas são as seguintes:

Lama de cal base 100% seca: 2 a 30 kg/adt celulose
Lama de cal base 70% seca: 2,5 a 40 kg/adt celulose

- **Cal virgem da caustificação do ciclo de recuperação do licor kraft**



Cal virgem ou cal queimada: material que não deve existir como resíduo sólido

A cal virgem ou cal queimada é um resíduo perigoso classe I gerado pelo processo. Essa classificação é função de sua corrosividade, alto pH e

capacidade de se hidratar e contaminar solos, águas. Pode até mesmo causar danos às pessoas pois é um composto ativo e reativo. Sua geração é eventual nas fábricas de celulose. Ela só ocorre em situações de problemas do forno de cal, quando o forno por exemplo tem suas incrustações internas removidas. Há situações de escape de pelotes de cal virgem dos satélites do forno, ou perdas desse composto nas operações. Existem ainda situações onde a cal fica com sua qualidade muito ruim (vitrificação, baixa reatividade, etc.) e os operadores decidem por purgar uma parte dela para melhorar o processo com a adição de cal virgem comprada de boa qualidade. Entretanto, a boa gestão dos resíduos sólidos reza o seguinte: cal virgem não é de forma alguma para ser tratada como resíduo sólido. Ela precisa ser vendida como produto químico especial, ou então deve sempre retornar ao processo em uma operação de reciclagem interna. Caso esse reuso seja impossível pelo sistema de caustificação, pode-se criar um novo sistema para hidratação da cal virgem dita resíduo e retorno da cal hidratada conseguida ao processo. Se os operadores necessitam purgar algo, então que purguem a lama de cal, que tem mais mercado como resíduo sólido. Além disso, economizarão energia no forno de cal.

A cal virgem não deve sair como resíduo por causa de sua classificação. Em geral, as empresas possuem aterros de resíduos classe II. A disposição de resíduos classe I é bem mais complexa e onerosa. Além disso, a fiscalização é maior e o monitoramento nem se fale. Portanto, as empresas em geral possuem autorização para aterrar resíduos classe II. Quando surge um resíduo classe I, em geral a disposição é feita em aterros classe I autorizados de terceiros, a valores de disposição bem significativos.

Em função disso e também porque a cal virgem é um químico ativo do processo, nossa recomendação tem sido que a geração de cal virgem como resíduo sólido deve ser ZERO, quer queiram ou quer não queiram os que tenham potencial de gerar a mesma como resíduo.

De maneira muito geral, pode-se dizer que as fábricas têm capacidade de gerar dentro delas cerca de 0,5 a 1,0 kg de cal virgem como material descartável/adt de celulose. Entretanto, elas não devem retirar isso para fora da fábrica como resíduo, talvez como subproduto vendável e legalizado para emissão de notas fiscais de produtos e não de resíduos. Podem também reaproveitar a mesma na própria fábrica. Ficou bem claro isso?

- **Sulfato ácido de sódio da planta química de geração do dióxido de cloro**

Na geração do dióxido de cloro, oxidante utilizado no branqueamento da celulose, tem-se como resíduo, para a maioria dos métodos de produção desse composto, um material conhecido como sulfato ácido de sódio. Na

verdade, trata-se de um composto misto entre sulfato de sódio e ácido sulfúrico, também denominado de sesquisulfato de sódio ou $Na3H(SO_4)_2$.

A geração desse sesquisulfato de sódio não é pequena nas modernas fábricas de celulose. Apesar dele ter destinação internamente dentro das próprias fábricas de celulose kraft como fonte de sódio e de enxofre ao processo, às vezes ele pode sobrar na processo. Isso porque sua geração pode ser acima das necessidades como "make-up" no sistema de recuperação do licor kraft.

Conforme o sesquisulfato ácido de sódio é gerado como um resíduo na planta química, ele é dissolvido em água quente e encaminhado para ser misturado ao licor preto que está em processo de recuperação. Dentro da caldeira, na combustão do licor preto, tanto seu sódio, como seu enxofre são incorporados ao licor na forma de sulfeto de sódio. Com isso, garantem a elevação ou manutenção da sulfidez do licor branco.

Ocorre que quando a geração ultrapassa as necessidades do "make-up", a sulfidez do licor começa a se elevar para valores acima de 40%, e com isso, aumentam os riscos de emissões de odor pela fábrica de celulose. Os compostos reduzidos de enxofre são temidos, pois, quando gerados acima de certos limites, trazem problemas ambientais às fábricas. Dessa forma, há situações onde se deve descontinuar por um tempo a adição do sesquisulfato para o sistema de recuperação do licor. Com isso, ele tende a sobrar como resíduo. Por ser altamente ácido, trata-se de um resíduo classe I, perigoso e corrosivo. A alta acidez do sesquisulfato torna-o problemático como resíduo do processo. Essa acidez também não é desejável para o sistema de recuperação do licor, que é alcalino. Quando o sesquisulfato ácido é misturado ao licor preto, sempre ocorre uma reação de consumo de soda cáustica, abaixamento de pH e liberação de gases de mau odor. Por essa razão, os sistemas mais modernos de geração de dióxido de cloro já possuem uma maneira de cristalizar o sulfato de sódio (Na_2SO_4) e de remover por lavagem a solução ácida fraca (H_2SO_4). Essa solução de ácido sulfúrico pode ser reusada na própria planta química ou então ser utilizada para acertos de pH ou no estágio ácido do branqueamento da celulose.

A geração de sesquisulfato ácido de sódio, como $Na3H(SO_4)_2$ corresponde estequeometricamente a cerca de 1,05 toneladas de sesquisulfato por tonelada de dióxido de cloro produzido. Já quando se decompõe o sesquisulfato e se extraem cristais de Na_2SO_4, a geração de sulfato de sódio se reduz a praticamente um terço do que era gerado como sesquisulfato. Teremos então a geração de 0,35 toneladas de Na_2SO_4 por tonelada de ClO_2 e de 0,72 toneladas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) por tonelada de ClO_2. Definitivamente, gerações mais fáceis de administrar e mais ecoeficientes para a fábrica. Teremos menos enxofre indo para o sistema de recuperação kraft e sobrará um ácido sulfúrico como insumo para a área do branqueamento.

$$4\ Na3H(SO_4)_2 \text{ ----------} \Rightarrow 2\ Na_2SO_4 + 6\ H_2SO_4$$

Existem ainda algumas tecnologias de produção de dióxido de cloro que necessitam de catalisadores a base de molibdênio, vanádio, platina ou manganês. Por se tratar de íons metálicos considerados perigosos, nas situações onde isso ocorre, os cuidados com esse resíduo devem ser inclusive muito maiores.

- **Lama de bário da planta química de geração de cloro/soda**

A lama de bário é um resíduo classe I que pode ser eventualmente gerado em plantas de cloro/soda, dependendo do processo de purificação de salmoura que venham a utilizar. A salmoura de cloreto de sódio pode eventualmente conter sulfatos em sua composição. Esses são indesejáveis na eletrólise e devem ser removidos. Um processo de purificação conhecido consiste na adição de carbonato de bário à salmoura. Por dupla troca, formam-se sulfato de bário e carbonato de sódio. O sulfato de bário se precipita e se decanta facilmente. Entretanto, esse resíduo sólido gerado de sulfato de bário, conhecido como lama de bário, é problemático. Essa tecnologia obsoleta vem sendo substituída pela nanofiltração e purga do material extraído pelas membranas (contaminantes de sulfato em solução fraca de sal). Apesar de mais cara, a nanofiltração agrega enorme qualidade ambiental nas plantas de cloro/soda.

==========

PONTOS CHAVES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL

Nossos dicionários da língua portuguesa definem resíduos como lixos, como "tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora, coisas inúteis, velhas, sobras sem valor". Como se percebe, não é necessariamente o que

estamos tentando defender como resíduos, pois acreditamos que eles sejam materiais valiosos sendo desperdiçados em nossas fábricas.

Já para a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – que normaliza no Brasil a classificação, amostragem e avaliações dos resíduos, a definição é outra. "Resíduos são restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar em estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional."

Veja-se que essas duas definições se fundamentam, em essência, no fato de que o gerador do resíduo não dá valor ou importância ao seu resíduo. São consideradas coisas inúteis, para se jogar fora, dar-se um sumiço, sem conhecer o seu valor. Enquanto tivermos uma cultura como essa, de que o resíduo vale nada, todo programa de minimização ou de eliminação dos resíduos será visto como um custo adicional nas nossas fábricas. Pensarão então algumas "cabeças pouco pensantes" das nossas fábricas: "porquê gastar dinheiro com aquilo que vale nada ou quase nada"?

Exatamente por essa razão, é que nosso primeiro ponto-chave para forçar uma mudança de paradigma é a criação de mecanismos de VALORAÇÃO ECONÔMICA de todo e qualquer resíduo sendo gerado nas nossas fábricas. Isso significa se conhecer o seu valor, em adicional ao que o resíduo custa para ser manuseado, disposto ou aterrado. Quanto também ele nos custa como matéria-prima sendo jogada fora e quanto perdemos em valor agregado no processo, e que está sendo destruído? Implementados programas de valoração, os gestores terão mais facilidades e motivações para estarem atentos aos seus resíduos.

Outro fator importante como "driver" nesse processo de gestão de resíduos é a LEGISLAÇÃO. Com a lei dos crimes ambientais implantada e em vigor no Brasil, os gestores das fábricas são sensíveis a ela. É absolutamente compreensível isso. No Brasil, a lei ambiental pune mais do que a lei de crimes civis. Até mesmo porque, para delitos ambientais graves, a processo legal é inafiançável. Muito bom isso como motivação: o temor de se cometer pecados e crimes ambientais e se ter que responder processos legais complexos como dirigentes de empresas. Por essa razão, temos que entender muito bem as legislações aplicáveis e manter um bom e transparente diálogo com os órgão de licenciamento, controle e fiscalização.

Além disso, as fábricas de celulose e papel estão quase sempre na alça de mira da mídia. Os veículos de comunicação estão sempre atentos à eventuais mazelas ou deslizes do setor. Por outro lado, as empresas querem garantir uma IMAGEM de empresas ecologicamente saudáveis, de amigas do meio ambiente. Já mudamos muito em relação ao passado, mas há ainda espaço para novas e sempre continuadas melhorias. Atuar sobre os resíduos sólidos industriais de forma responsável e limpa colabora para uma imagem positiva das empresas. Isso pode ser incrementado pela criação de programas de visitação e educacionais para que a comunidade circunvizinha possa conhecer as formas responsáveis de se lidar com os resíduos.

Muito associado aos três "drivers" anteriores (legislação, valoração econômica e imagem) está a possibilidade de se criarem enormes e onerosos PASSIVOS AMBIENTAIS pela empresa. Atualmente, os bancos de financiamento estão sempre muito atentos em relação a passivos ambientais que as empresas porventura venham a apresentar. As próprias ações das empresas nas bolsas de valores são sensíveis e se tornam volatilizados quando surgem rumores de danos ou passivos ambientais das mesmas. A ameaça de novos danos ambientais e de DEMANDAS JUDICIAIS prolongadas e caras são também alavancadoras importantes para a criação de eficientes sistemas de gerenciamento ambiental.

Como ocorre em todos os casos de empresas que atuam em mercados integrados, quando seus resíduos começam a fazer parte da cadeia produtiva local, estimulando novos negócios, a empresa se sente estimulada, pois passa a atuar em mercados conhecidos como NEGÓCIOS VERDES. Com esses novos negócios, é possível aumentar a renda da empresa pela comercialização de seus resíduos ou de seus subprodutos.

Outra forma muito comum de se proceder em relação aos resíduos sólidos é que a empresa compartilha esse negócio com a comunidade. Dentro de seus programas de RESPONSABILIDADE SOCIAL muitas empresas investem em desenvolver empreendedores locais para atuar em sub-negócios fora de seu foco central, dentre eles, o aproveitamento e reciclagem de resíduos. Surgem negócios nas áreas de compostagem e venda de fertilizantes orgânicos, produção de cerâmicas e tijolos, de argamassas, etc.

Finalmente, outro fator chave é a tão mencionada RESPONSABILIDADE CORPORATIVA que nos dias de hoje os executivos enchem-se de orgulho em praticar. Como pode uma empresa ser responsável corporativamente se ela não tem um bom e ecoeficiente plano de gestão de seus resíduos sólidos? As coisas mudaram muito na gestão empresarial. Não há mais como uma empresa cuidar de seus resíduos sólidos industriais de forma precária e irresponsável. Os "drivers" anteriores mencionados já não permitem que isso ocorra.

Gostaria então de solicitar aos dirigentes de nossas fábricas de celulose e papel que incluíssem com mais ênfase em suas políticas corporativas o foco sobre a gestão dos resíduos sólidos, não apenas os relativos a efluentes hídricos e emissões aéreas. Afinal, já vimos que existem verdadeiras "fábricas ocultas' de resíduos sólidos, às vezes de porte tão grande quanto nossa fábrica de celulose e papel. Mesmo as mais modernas fábricas de celulose de mercado hoje construídas no mundo ainda geram entre 30 a 60 kg absolutamente secos de resíduos sólidos industriais na classe II por tonelada de celulose seca ao ar produzida. Ainda é uma enormidade a ser gerenciada e reconvertida, não é mesmo?

Como sempre estou insistindo na valoração econômica dos resíduos como forma de motivação e para despertar muitos dirigentes em relação aos resíduos sólidos industriais, permitam-me lhes apresentar mais um exemplo simples de valoração. Quero com isso apenas complementar o que muitas empresas já vêm fazendo com magníficos programas de reciclagem e de gestão de seus resíduos sólidos, mas eventualmente sem uma valoração efetiva do real valor econômico de cada um de seus resíduos.

Em geral, a maioria dos gestores de resíduos se preocupam apenas com dois ingredientes econômicos em relação aos mesmos resíduos:

- Custos com manuseio, disposição e reciclagens;
- Valor de venda do resíduo (quando isso ocorrer).

Como existem outros fatores envolvidos, segue um pequeno exemplo sobre descarte de "dregs" e "grits" na forma de um resíduo misto.

Seja uma empresa que apresenta um gargalo na área de caustificação e preparação do licor branco. Por essa razão, a mistura "dregs/grits" sai mal lavada e com consistência mais baixa do que o desenho original do projeto da área. Também por sobrecarga de produção, não há tempo suficiente para que toda a cal virgem seja hidratada nos apagadores de cal e caustificadores. Portanto, o "grits" formado ainda apresenta um residual de CaO virgem não reagida, já que a cal queimada não é tão reativa exatamente em função dos gargalos da área em questão.

A produção diária de celulose da fábrica em questão é de 1.500 adt.

Seja então uma comparação entre os valores atuais praticados e os valores do projeto:

	Projeto	**Atual**	**Diferença**
Consistência do resíduo (%)	50%	35%	- 15%
Teor de $Ca(OH)_2$ residual e extraível (base seca em %)	0,15%	1%	+ 0,85%
Teor de NaOH residual e extraível (base seca em %)	0,10%	0,80%	+0,70%

Além desses problemas acima, a geração diária base seca da mistura de "dregs/grits" subiu ligeiramente em função do mal apagamento da cal e do maior teor de soda cáustica residual. O valor normal esperado pelo projeto era de 11 kg absolutamente secos por adt de celulose e hoje está-se praticando 11,17 kg a.s./adt celulose. Isso se deve basicamente às maiores perdas de cal virgem equivalente (0,072 kg a.s./adt) e de soda cáustica (0,079 kg a.s./adt).

Vamos admitir como valores de compra desses insumos:

- NaOH : 500 US$/tonelada seca
- CaO: 100 US$/tonelada seca
- Água: 0,20 US$/m³

Perdas diárias quantificadas em termos físicos			
	Projeto	**Atual**	**Diferença**
Produção diária de "dregs/grits" (base seca)	16.500 kg	16.755 kg	+ 255 kg secos
Produção diária de "dregs/grits" úmidos	33.000 (base 50% consistência)	47.872 kg (base 35% consistência)	+ 14.871 kg tal qual
Perda de $Ca(OH)_2$	24,75 kg	167,55 kg	+ 142,80 kg secos
Perda de CaO equivalente base seca	18,73 kg	126,79 kg	+ 108,06 kg secos
Perda de NaOH	16,50 kg	134,04 kg	+ 118,04 kg secos
Perda de água	16.500 kg	31.117 kg	+ 14.617 kg

Valor unitário das perdas (US$/dia)			
	Projeto	**Atual**	**Diferença por dia**
CaO	1,87	12,68	+ 10,80
NaOH	8,25	67,02	+ 58,77
Água	3,30	6,22	+ 2,92
Total			**72,49 US$/dia**

Além dessas perdas químicas, temos o enorme acréscimo nos manuseios e custos para dispor esses resíduos em aterro de resíduos classe II.

Estimativas:

- Custo unitário de manuseio: US$ 3 / tonelada de resíduo tal qual
- Custo unitário de disposição em aterro e manutenção aterro: 25 US$/tonelada tal qual de resíduo

Valor de manuseio e disposição final conforme o projeto:

- Manuseio = 33 t/dia x 3 US$/t = 99 US$/dia
- Disposição final = 33 t/dia x 25 US$/t = 825 US$/dia
- Custos manuseio e disposição conforme projeto = US$ 924 US$/dia

Valores atuais para disposição e aterro em classe II:

- Manuseio = 47,87 t/dia x 3 US$/t = 143,61 US$/dia
- Disposição final = 47,87 t/dia x 25 US$/t = 1.196,75 US$/dia
- Custos atuais de manuseio e disposição = US$ 1.340,36 US$/dia

Diferenças entre valores de custos para projeto e atuais (resultado da má gestão dos resíduos "dregs/grits"):

- Diferença para manuseio e disposição = US 416,35/dia
- Diferenças em perdas químicas = US$ 72,49/dia

Aumento global dos custos = US$ 488,84/dia de operação (cerca de 150.000 dólares americanos por ano)

Os custos variáveis de produção serão aumentados em US$ 0,326/adt de celulose. O valor dessa valoração para os resíduos era de US$ 0,625 /adt e passaram para US$ 0,951. Se admitirmos um custo caixa da celulose de eucalipto como sendo de US$ 300/adt, somente esse pequeno deslize na gestão dos "dregs/grits" em relação ao projetado está encarecendo a produção em 0,11% (US$ 0,326/adt). Por outro lado, esse resíduo quando adequadamente valorado tem um valor de 0,951 US$/adt, o que significa 0,32% do custo caixa de fabricação. Nada desprezível, não é mesmo, meu caro amigo? Você já havia se dado conta disso?

Imagine se fizermos essa valoração resíduo a resíduo!!!...

==========

ETAPAS PARA UMA ESTRATÉGIA DE SUCESSO PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

A partir de agora o objetivo será o de fornecer a vocês formas seguras de se realizar uma boa e ecoeficiente gestão de seus resíduos sólidos industriais. Nossas metas serão a proteção dos recursos naturais, a proteção das pessoas e a redução do impactos dos resíduos na saúde empresarial, onde se inserem também os custos de fabricação dos produtos da empresa.

Nosso propósito fundamental estará sempre na MINIMIZAÇÃO NA GERAÇÃO e no REUSO INTERNO, ou seja, na redução nas quantidades de resíduos sendo geradas pela fábrica através de procedimentos tais como:

- Maiores cuidados operacionais;
- Mudanças de procedimentos;
- Treinamento e conscientização dos operadores;
- Mudanças de tecnologias ou de matérias-primas;
- Reutilizações internas e retornos de perdas aos processos;
- Etc.; etc.

Somente após a clara e definitiva impossibilidade de se reduzir de forma ecoeficiente a geração na fábrica é que passaremos à fase seguinte de nossas avaliações, que seria a RECICLAGEM EXTERNA.

A última fase, a pior delas, mas igualmente necessária é a adequada DISPOSIÇÃO FINAL do resíduo em aterros adequados e de acordo com a legislação (ou melhor do que o exigido por lei – "beyond compliance").

No presente capítulo falaremos muito sobre procedimentos de gestão e menos em soluções técnicas para a minimização da geração, reciclagem, etc. Isso acontecerá quando desdobrarmos o tema em soluções tecnológicas para cada tipo de resíduo sólido industrial, nos dois capítulos restantes dessa série. Nesses dois capítulos apresentaremos claramente as características de cada resíduo e algumas alternativas que estão sendo praticadas para sua minimização e reciclagens. Portanto, leiam com atenção esse e os demais capítulos sobre esses fascinante tema. O prato principal e a sobremesa ainda estão ainda para serem servidos.

==========

MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM NOSSAS FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL

Vamos agora dividir essa seção de nossa capítulo em fases ou etapas a serem seguidas na gestão ecoeficiente dos resíduos sólidos industriais da fabricação da celulose e papel de eucalipto. Com isso, fica mais fácil entender o que propomos como estratégia de sucesso para essa gestão.

- **Etapa 01: Caracterização e diagnóstico do resíduo**

Essa etapa consiste em um diagnóstico e nas avaliações para caracterização de cada resíduo sendo gerado, independentemente do fato de crermos que já o conhecemos por ser algo típico do setor. Isso porque as composições e características dos resíduos pode variar ligeira ou até mesmo significativamente entre fábricas. A caracterização consiste na identificação, avaliação, classificação e também na identificação das causas e fatores envolvidos na geração desse resíduo em particular. Esse diagnóstico deve ser feito tanto para situações de operação absolutamente normal, como também para situações de emergências e extraordinárias (paradas de emergência, paradas programadas, alternâncias de ritmos de produção, surgimento de alguma situação atípica, acidentes operacionais, etc.).

Todos os resíduos apresentam características físicas, químicas e biológicas que colaboram na sua melhor gestão. A partir dessas características poderemos inclusive enquadrar o resíduo em sua classificação conforme rege a legislação brasileira.

São características físicas dos resíduos:

- Composição química gravimétrica (base seu peso seco);
- Densidade aparente;
- Teor de umidade ou consistência;
- Compressividade (capacidade de ter o volume reduzido por compactação).

A composição química de um resíduo permite verificar sua periculosidade, corrosividade, toxicidade, inflamabilidade, etc. Também nos auxilia nas alternativas para reaproveitar esse resíduo dentro ou fora da empresa. Por essa razão, todo resíduo merece um plano adequado de avaliações para saber do que é constituído, e o que ele pode oferecer em nossos programas de reusos e reciclagens. A composição química visa determinar não apenas as perdas químicas do processo (sódio, cloreto, fósforo, nitrogênio, enxofre, magnésio, cálcio, etc.) como também os

constituintes que possam significar periculosidade ou agressividade ao meio ambiente e às pessoas e organismos vivos (dioxinas e furanos, poluentes orgânicos persistentes, metais pesados, etc.). A composição química detalhada e segura permite prevenir impactos ambientais e sociais negativos que os resíduos sólidos possam eventualmente apresentar. Colabora também para melhoria dos planos de armazenamento, manuseio, reciclagem e disposição desses resíduos. É muito importante se conhecer os níveis de detecção praticados e a precisão das metodologias empregadas, principalmente para os compostos medidos em partes por bilhão, por trilhão ou mesmo quatrilhão.

A densidade aparente é a relação entre o peso tal qual do resíduo base úmida, solto, sem compactação, e o volume ocupado por esse peso. Isso permite dimensionar as caçambas e recipientes para guardar, receber ou transportar os resíduos. Com essa densidade bem calibrada, fica mais fácil se quantificar os resíduos: ou por pesagens ou por contagem do número de cargas em termos de seus volumes conhecidos. Por exemplo: para evitar ter que se pesar toda carga de resíduo que sai da empresa, basta se conhecer a densidade aparente, o volume de cada recipiente de carga do resíduo quando cheio e o número de cargas retiradas por dia. Para caçambas de 10 metros cúbicos, se a densidade aparente for 400 kg úmidos/m^3, saberemos que cada caçamba cheia contém 4.000 kg tal qual do resíduo. Quando 5 caçambas como essa são recolhidas por dia com esse resíduo, sabemos que sua geração diária aproximada será de 20 toneladas de peso úmido.

É muito fácil se fazer esse controle. Por essa razão me surpreende que muitas empresas não adotam esse controle para fins de gestão de resíduos. A maioria faz apenas a contagem das cargas que saem da fábrica para fins de pagamento de fretes das viagens.

Outra característica importante dos resíduos é seu teor de umidade, talvez a mais fácil de ser determinada e a mais importante para ser gerenciada. O teor de umidade varia muito nas nossas fábricas para um mesmo tipo de resíduo. A sua variação implica em alterar o peso bruto dos resíduos a serem transportados, manuseados, estocados e destinados a aterros. Quanto menos cuidado e atenção tivermos em prevenir o umedecimento de nossos resíduos, ou no próprio desaguamento dos mesmos, mais estaremos gastando com o gerenciamento dos mesmos. Facílimo de entender, não é mesmo?

Por isso mesmo, recomendo que se definam limites rígidos de especificação para teor de umidade para todos os resíduos onde essa característica implique em mudanças significativas nos pesos dos resíduos. Quando falo em especificar umidade, não estou me referindo apenas no ato da geração do resíduo, mas também de sua umidade no momento de transporte e disposição. Digo isso porque tenho visto inúmeras vezes os

resíduos saírem exatamente na umidade especificada, mas depois ficam ao tempo, ao "Deus dará", recebendo água de chuva, de lavagem de pisos, de contaminantes da área, etc. Acabam virando uma papa, algo dificílimo de ser manuseado e transportado. Isso sem falar no rastro de sujeira que deixarão na área fabril e nas estradas ao serem transportados.

Resíduos protegidos não se molham e não aumentam desnecessariamente de peso e volume para seu gerenciamento

A compressividade é a capacidade de se reduzir o volume de um resíduo por compressão do mesmo. Quando submetido a uma pressão por uma prensa, muitos resíduos podem ter seu volume reduzido em mais de 50% do volume original. Isso é comum em lixos domiciliares, praticamente todos os veículos mais modernos de coleta de lixo urbano são dotados de sistemas de prensagem. Isso favorece o frete e também a melhor ocupação do volume do aterro. Reduzem-se substancialmente os custos envolvidos. Isso as prefeituras de quase todos os municípios já descobriram, mas algumas de nossas fábricas ainda não. No caso de nosso setor, diversos resíduos podem ser passíveis de compactação. É o caso do lodo primário, que ao sair da seção de desaguamento parece com pelotes ou grumos de baixa densidade aparente. Com muita facilidade ele pode ser comprimido e ter seu volume reduzido em 30% ou mesmo mais. Quando a empresa contrata os serviços de um aterro industrial externo e paga vultuosas somas ao final de cada mês pelo volume lá disposto, essa compressão dos resíduos é vital para melhorar a economia e a ecoeficiência.

Outras características práticas e importantes a serem ainda medidas nos resíduos são:

- Poder calorífico;
- Potencial hidrogênio iônico (pH);
- Relação Carbono/Nitrogênio.

O poder calorífico mede o potencial que o resíduo possui para virar algum tipo de combustível em nossas caldeiras de biomassa ou em caldeiras de terceiros. É muito importante se associar o poder calorífico do resíduo com seu teor de umidade, pois ambos se relacionam muito bem com a liberação de energia líquida. Resíduos orgânicos muito úmidos, que seriam bons combustíveis como biomassa seca, acabam perdendo seu potencial exatamente pelo teor de umidade alto que possuírem. Mais uma vez a relevância do teor de umidade nas especificações dos resíduos.

O potencial hidrogênio iônico (pH) do resíduo permite se classificá-lo entre ácido, básico ou neutro. O ideal seria que os resíduos fossem mais neutros, na faixa entre 5 a 8 de pH. Nessas condições a corrosividade do resíduo é diminuída e sua agressividade é minimizada. Além disso, o pH nos revela as condições de proteção que deveremos tomar em relação aos equipamentos, maquinários, recipientes, veículos, pessoas, etc.

A relação Carbono/Nitrogênio é muito válida para resíduos orgânicos, já que dá indicações da facilidade de decomposição microbiológica da matéria orgânica quando o resíduo for disposto em aterros ou encaminhado para estações de compostagem. Quanto mais baixa a relação C/N, melhor, já que existe mais nitrogênio por unidade de carbono a ser degradado pelos microrganismos. As serragens de madeiras e as fibras possuem altas relações (200/1) e são mais difíceis de serem degradadas. Já os lodos biológicos apresentam relações baixas, entre 30/1 a 50/1. Através dessa relação pode-se controlar o tempo e as estratégias de compostagem dos resíduos.

Já que estamos falando de compostagem, a microbiologia e a avaliação ecotoxicológica dos resíduos são também muito válidas e úteis. Importa conhecer a população microbiológica e também os tipos de organismos patogênicos que um resíduo possa conter. Existem ainda os bioensaios ou ensaios de ecotoxicidade. Com isso, através de testes biológicos simples, pode-se estimar o potencial de agressividade a organismos vivos que o resíduo possa conter. Isso pode ser feito através ensaios dos chorumes ou de extratos dos resíduos (testes de toxicidade aguda e crônica com *Daphnia* e *Ceriodaphnia*, Microtox, etc.). Existem testes feitos com organismos vivendo no próprio resíduo (exemplo: minhocultura *com Eisenia foetida*). Os bioensaios colaboram para se estabelecer estratégias em relação a acelerar ou retardar os processos de decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos.

Com todas essas metodologias em vigor, baseando-se em eficientes amostragens e representatividades, fica muito mais fácil e confiável o processo de gerenciamento dos resíduos. As características determinadas nos resíduos também nos oferecem possibilidades de enxergar as mazelas de

nossos processos ou de nossos operadores. Por essa razão, elas devem ser estimuladas como ferramentas de gestão e não apenas como ferramentas de polícia ou de controle. Os resíduos costumam revelar nossa eficiência em utilizar as matérias-primas de nosso processo; fibras, soda cáustica, cal, óleos e graxas, etc., etc.).

- **Etapa 02: Quantificação dos resíduos sólidos**

Quantificar cada resíduo industrial em termos de suas quantidades geradas em condições de operação normal e anormal (paradas, acidentes, erros operacionais, etc.) é peça vital para o gerenciamento dos resíduos. Essa quantificação deve ser muito clara em termos de quais parâmetros estamos nos referindo. Estão os resultados expressos em volumes ou pesos? São os pesos relatados tal qual, na umidade do resíduo, ou estão em base seca? Quais as umidades ou consistências para os pesos relatados?

Sempre é bom se ter esses três parâmetros medidos: peso tal qual, peso seco e umidade do resíduo.

O conhecimento e a estimativa da geração de resíduos em condições anormais e emergenciais permitem planejar alternativas de manuseio, estocagem e disposição. Muitas vezes, isso envolve uma área coberta ou um tanque pulmão ao lado do ponto gerador de maneira que se possa estocá-lo de forma sadia e correta até que se tenham oportunidades de retornar o resíduo ao processo. Caso isso não seja possível, pode-se direcioná-lo para a reciclagem ou para a disposição final, mas de forma segura e sem sobressaltos.

A falta de uma preparação ou de antevisão das situações anormais tem feito que muitas fábricas sofram situações muito graves de excesso de geração em momentos de emergência. Ficam praticamente "entupidas" de resíduos, causando ansiedade em todos. Os resíduos passam a se amontoar pelas diversas áreas da empresa, estocados em condições inseguras e inadequadas, contrário ao que está legislado ou licenciado.

Ao visitar uma fábrica pela primeira vez, sempre presto atenção na maneira como tratam os resíduos sólidos. Caso eu os encontre amontados por todas as partes, liberando chorumes sem proteção alguma, com visíveis sinais de agressão ambiental, já identifico os sinais de falta de compromisso ambiental por parte da gestão da empresa. Mesmo que sua política e sua visão empresarial afirmem o contrário, fica muito difícil acreditar. Há um velho ditado popular que diz: "olhe o lixo e saberá com quem você estará tratando". Isso é muito válido para empresas também.

- **<u>Etapa 03</u>: Valoração dos resíduos sólidos**

Já lhes apresentamos um exemplo simples de valoração de um resíduo constituído da mistura de "dregs/grits". Esse procedimento deve ser estendido a todos os resíduos gerados. Cada um deles tem seu valor e esses valores são impressionantes, pois envolvem:

- Custo das matérias-primas desperdiçadas;
- Custo da água perdida;
- Custo do calor perdido;
- Custo da agregação de valor colocada no processo;
- Custo de manuseios e transportes;
- Custos da disposição final;
- Custos das operações de reciclagem;
- Etc.

Eventualmente, quando o resíduo ou subproduto com ele produzido for vendido, o valor da venda deve entrar como um crédito na valoração desse resíduo. Basta então somar os custos e subtrair o crédito ofertado pela comercialização do subproduto. Isso precisa ser feito em termos de uma base fixa no balanço de massa.

Vamos dar aqui um exemplo sobre o que estou falando. Seja um lodo industrial da fabricação do papel que apresente cargas minerais, fibras e material orgânico em sua composição. Somente a título de exemplificação, podemos relatar que o lodo continha os seguintes elementos de valoração por tonelada de lodo seco original:

- Custo líquido das fibras perdidas = 240 US$/tonelada lodo seco
- Custo das cargas minerais perdidas = 30 US$/tonelada lodo seco
- Valor agregado no processo com trabalho, energia elétrica, vapor, etc., etc. = 20 US$/tonelada loco seco
- Custo da DQO desperdiçada (amido, fibrilas, colas, etc.) = 25 US$/t lodo seco
- Custo da água perdida com o lodo = 0,2 US$/tonelada lodo seco
- Custo do manuseio/transporte = 4 US$/tonelada lodo seco
- Custo das operações de reciclagem = 20 US$/tonelada lodo seco

<u>Total dos custos do resíduo</u> = **US$ 339,20/tonelada de lodo seco original**

Após a compostagem, o lodo perde 40% de seu peso original, o que significa que para cada tonelada de lodo seco original se obtém para venda 600 kg de composto base seco.

Caso o composto seja vendido a 25 US$/tonelada úmida e a umidade do composto for 50%, estaremos na verdade vendendo com base no lodo seco original o seguinte:

25 US$/tonelada composto úmido x 2 toneladas composto úmido/tonelada composto seco x 0,6 toneladas de composto seco/tonelada de lodo seco original = **30 US$/tonelada lodo seco original**

Esse valor de 30 dólares de venda equivalente a cada tonelada de lodo seco original é um crédito a ser dado ao valor do lodo seco original.

A valoração ficará então:

US$339,20 - US$ 30 = **US$ 309,20/tonelada lodo seco original**

Muito caro perder resíduos - vocês entenderam bem o que eu tentei lhes demonstrar?

- **Etapa 04: Segregação dos resíduos sólidos**

Um lembrete muito importante: por favor, não misturem resíduos - um dos grandes sucessos para a gestão dos resíduos é manusear cada resíduo em separado – a isso chamaremos de segregação.

Segregar, segregar, segregar – eu não me canso de recomendar isso. Cada resíduo deve ser tratado individualmente desde sua geração até sua disposição final. Não devemos misturar resíduos. Isso pode dar um pouco mais de trabalho e de custos, mas oferece sempre a possibilidade de reciclar um determinado resíduo, mesmo que ele já esteja aterrado.

A segregação dos resíduos oferece inúmeras oportunidades:

- Adequada classificação;
- Adequada disposição final;
- Maiores facilidades para manuseio, estocagens e comercialização de subprodutos;
- Adequada reciclagem;
- Possibilidades de se recuperar área de aterros industriais removendo-se resíduos lá estocados individualmente para incorporá-los em programas de reciclagens e reutilizações desenvolvidos "a posteriori" da disposição final do mesmo no aterro. Com isso, ganha o programa de reciclagem com matéria-prima adicional e ganham-se volumes nos aterros industriais, que estão cada vez mais caros. Conforme as exigências e condições dos aterros industriais, estima-se que o metro cúbico de aterro valha entre 7 a 20 US$, já que isso implica em obras caras de engenharia e depois de monitoramento eterno.
- Evita a mistura de resíduos incompatíveis;
- Redução na quantidade de resíduos perigosos;
- Conhece-se com mais certeza a qualidade dos percolados e das emissões de gases;

- Administra-se com maior nível de garantias o futuro desse passivo ambiental.

Quando "resíduos bons" (recuperáveis ou recicláveis) são misturados com resíduos industriais perigosos, a mistura passa a ser classificada como resíduo perigoso. Exemplo: se misturamos lodo secundário da estação de tratamento de efluentes (classe II) com rejeitos do digestor (classe I), todo o material se converte a classe I – Resíduo Perigoso. É muito dispendioso esse tipo de gestão, acaba mais caro do que se realizar uma gestão com maior grau de ecoeficiência. Muitas vezes, o local onde está autorizada a disposição está autorizado apenas para resíduos classe II. Se a empresa lá colocar a mistura desses dois resíduos estará atuando fora da lei.

Resíduos não segregados: uma barreira para utilizações futuras

- **<u>Etapa 05</u>: Busca criativa de formas para redução na geração de cada resíduo sólido industrial**

A primeira e mais ecoeficiente maneira de se resolver um problema de resíduo sólido em sua fábrica é buscar maneiras criativas para se reduzi-lo ou eliminá-lo onde ele está surgindo. Para isso, é importante um diálogo com o resíduo: saber quais suas causas, o que o está formando, do que é constituído, onde se localizam as perdas que se acumulam como esse resíduo, etc., etc. Como já conhecemos agora sua composição e o temos quantificado, fica mais fácil se trabalhar para buscar alternativas e oportunidades para se reduzir ou eliminar a sua geração.

Caso o resíduo em questão tenha grande parte de sua constituição como sendo perdas químicas ou físicas do processo de produção, podemos localizar essas perdas e trabalhar para evitar que aconteçam. Por exemplo, muitas vezes detectamos teores elevados de fibras valiosas na composição do resíduo. Basta identificar onde essas fibras estão se perdendo e montar barreiras para impedir que elas se percam. Na maioria das vezes são transbordos, derrames, drenagens voluntária ou involuntariamente causadas pelos operadores, enfim, coisas simples de serem resolvidas.

Também é muito importante uma avaliação criteriosa não apenas das perdas sólidas de cada área industrial, mas também das perdas que são enviadas para os efluentes hídricos e que vão indiretamente impactar nos resíduos sólidos a serem formados como lodos da estação de tratamento de efluentes. As mais importantes são Sólidos Suspensos, Demanda Química de Oxigênio – DQO e Demanda Biológica (ou Bioquímica) de Oxigênio - DBO. Os sólidos suspensos acabarão se convertendo em lodo primário na ETE e as perdas de matéria orgânica (DQO/DBO) resultarão no aumento da geração de lodos secundário e terciário. De uma maneira muito simplificada, pode-se estimar que para cada tonelada de DQO dissolvido tratado e removido do efluente bruto pela ETE resultará em um aumento da geração de lodo orgânico de 0,15 a 0,20 toneladas de lodo seco.

As grandes desperdiçadoras de DQO são as áreas do branqueamento, digestor, lavagem, evaporação e caldeira de recuperação. Elas precisam sempre serem monitoradas e controladas. É importante se terem controles eficientes e sistemas para recuperação de perdas (derrames, "spills"). Isso resulta em facilidades maiores para a estação de tratamento de efluentes, melhor qualidade do efluente tratado e menor geração de resíduos sólidos industriais. Além disso, os custos serão menores, tanto pela redução de perdas do processo, como pela menor geração de resíduos e poluição de processo a ser tratada.

Por isso tudo amigos, esqueçam daquela prática muito usual nas fábricas de celulose de se colocarem efluentes carregados em matéria orgânica em um tanque ou lagoa de emergência para depois ir-se tratando paulatinamente na estação de tratamento de efluentes. Isso é conceitualmente inapropriado. Se alguma coisa química concentrada se perdeu (transbordo, furo de tubulação, rompimento de gaxeta, lavagens internas de tanques, etc.) essa DQO toda deve retornar ao processo e não ser drenada para a ETE. Criada a regra, definidas as estratégias e os procedimentos, basta se adotar as novas práticas, mais ambientalmente corretas e mais ecoeficientes.

Lembrem-se ainda que não podemos abrir exceções, senão as regras não vingam e os novos ganhos ambientais escapam por entre os dedos. Os operadores estão sempre pedindo a benção para algum diretor para que permitam mandar ao efluente a rica DQO da empresa. Quando um diretor desavisado ou não conscientizado autoriza isso, ele está jogando fora dinheiro e recursos naturais da empresa na forma de:

- Matéria orgânica e compostos químicos do processo;
- Maiores custos no tratamento de efluentes para tratar a poluição hídrica;
- Maiores custos pela maior geração, manuseio, reciclagem e/ou disposição dos resíduos sólidos adicionalmente gerados.

Não me venham por favor que isso não tem importância porque os lodos extras serão enviados à estação de compostagem e depois vendidos como composto orgânico. Já vimos em recente exemplo de quantificação que raramente a venda de resíduos ou de produtos reciclados a partir dos resíduos pagam os custos de seu processamento e das matérias-primas originalmente perdidas. Essas perdas econômicas não serão recuperadas, mesmo que disponhamos dos mais charmosos sistemas de reciclagem de resíduos do setor.

- **Etapa 06: Busca criativa de formas para reutilização interna em nossa planta industrial**

Ao mesmo tempo em que estamos caracterizando e quantificando nossos resíduos podemos já detectar pontos onde se possa reduzi-los ou pontos no processo para reutilizá-los. Cada resíduo possui uma característica própria. Se ele se misturar a outros, essas características se perdem e fica mais difícil a reutilização do mesmo no processo. Isso porque sua individualidade se perderá e aumentará muito sua variabilidade qualitativa. Por essa razão, devemos categoricamente segregar os resíduos, evitando ao máximo qualquer mistura.

Uma casca liberada como resíduo na área de lavagem de toras pode receber um peneiramento grosseiro para retirar pedras e areia e virar um combustível para a caldeira de biomassa. Fibras recolhidas em diversos pontos da fábrica (filtração do licor preto, filtração dos efluentes do branqueamento, etc.) podem ser encaminhadas para a depuração de massa não-branqueada e retornarem ao processo via branqueamento. Rejeitos do cozimento kraft e palitos da depuração podem ser enviados à pilha de cavacos ou dosados de volta na alimentação do digestor. Cal queimada liberada em situações excepcionais de perdas pode ser hidratada de forma controlada, filtrada e o hidróxido de cálcio formado ser utilizado no processo de caustificação. Lama de cal acumulada pode de novo ser reenviada para a lavagem da lama, engrossada e queimada no forno de cal.

Enfim amigos, há muito resíduo de processo que não merece ser enviado ao aterro de lixo industrial. Eles não pedem para virarem resíduos, são materiais do processo que por nossa ação acabam se convertendo em resíduos. Se conseguirmos reusá-los no processo, eles cumprirão sua

missão. Se forem para o aterro industrial estarão sendo desperdiçados e aumentando nossos custos.

Um aterro é necessário, não tenho dúvidas disso, mas devemos colocar seu uso como a última alternativa. Entretanto, quando misturamos os resíduos, criamos materiais inviáveis para reuso interno. Às vezes, ele sequer tem utilidade para reciclagem externa como fertilizante agrícola, etc. Quando muito, poderá ser utilizado para reabilitação de alguma área escavada ou como material inerte para aterro ou capeamentos.

- **Etapa 07: Busca criativa de formas para reciclagem externa para os resíduos impossíveis de serem eliminados ou reutilizados dentro da nossa fábrica**

As alternativas para reciclagem externa de resíduos são inúmeras. Há muita coisa já desenvolvida para nossos resíduos. As oportunidades são muitas e as chances de serem feitas parcerias com a comunidade também.

Nos capítulos que se seguirão nessa série enfatizarei cada resíduo industrial e seus usos potenciais. Entretanto, darei algumas pinceladas no tema nesse capítulo atual. À reciclagem externa eu costumo chamar de "sumiço ecoeficiente dos resíduos". Os resíduos desaparecem e surgem produtos em seu lugar. É muito conhecido o lema "nossos resíduos viram árvores" adotado por algumas empresas, que retornam ao solo florestal os nutrientes que seguem juntos aos resíduos (cinzas de caldeira de biomassa e lama de cal) ou compostos orgânicos de lodos de tratamento de efluentes e/ou casca de árvores.

Um setor que costuma consumir crescentes quantidades de resíduos de fábricas de celulose é o da construção civil. Com as dificuldades ambientais e com o encarecimento das jazidas de areia, argila vermelha e caulim, essa indústria tem encontrado material bom para "enchimento" em sua fabricação a partir de resíduos especiais de nosso processo. Com isso, colaboramos para a fabricação de tijolos, telhas, cerâmicas, etc. A lama de cal e a cal queimada são também muito procuradas para a produção de argamassas para obras.

Entretanto, tem sido a agricultura e a silvicultura as grandes absorvedoras de produtos obtidos pelas estações de reciclagem das fábricas de celulose e papel.

Dentre esses produtos, destacam-se:

- Composto orgânico obtido pela compostagem de lodos das estações de tratamento de efluentes, casca das árvores, galhos, folhas, etc.;

- Cinzas fertilizantes resultantes da combustão de biomassa energética nas caldeiras de força;
- Lama de cal para correção de pH do solo;
- "Dregs/grits" como corretivos de acidez e como fonte de carvão ativo ao solo.

A mistura "dregs/grits" tem sido ainda utilizada com sucesso para pavimentação de estradas florestais, bem como a própria cal queimada, que ajuda na estabilização através da mistura solo/cal.

Tenho visto também alguns orgulhosos gerentes de meio ambiente de nossas fábricas exultantes por terem descoberto maneiras de sumir com seus resíduos através da reciclagem externa. Há muitos casos de venda de lodo primário de fábricas de celulose e papel para a fabricação de papelão ondulado, chapas moldadas e até mesmo para papel higiênico. Em um recente artigo que li na revista O Papel, descobri que o lodo primário de uma importante empresa de celulose e papel do Brasil estava sendo totalmente comercializado porque era considerado um "resíduo nobre" já que continha 80% de seu peso em fibras. Por essa razão, vinha sendo totalmente consumido por outra fábrica de papel, para fabricação de papel de embalagens. O resíduo vinha sendo doado e com isso ajudava o crescimento econômico regional. Muito interessante e altruísta isso. Se o objetivo da empresa doadora era o de fomentar a economia e a rede produtiva local, tudo bem, aceitamos a política. Agora, se o objetivo era o de encontrar um uso para esse resíduo tão nobre que continha 80% de seu peso como fibras, essa é uma medida de muito baixa ecoeficiência. É aceitar e conviver com o desperdício de fibras. Um lodo como esse jamais deveria estar sendo gerado, concordam? As fibras perdidas deveriam ser recuperadas dentro da própria fábrica geradora do resíduo. Pelo que vocês aprenderam até agora pela leitura desse capítulo, devem ter imaginado o que eu senti ao ler esse artigo.

Finalmente, como exemplos de reciclagens externas, temos toda uma ampla gama de utilizações energéticas para os resíduos. Isso pode ocorrer tanto pela combustão direta em caldeiras, como em outras fantásticas oportunidades que surgem agora com o desenvolvimento tecnológico das biorefinarias. Dentre essas novas oportunidades destacam-se:

- gaseificação de restos orgânicos de casca, madeira, lodos, etc. para a produção de gases combustíveis para uso em geral na própria empresa geradora dos resíduos;
- produção de metano pela compostagem anaeróbica de resíduos orgânicos;
- produção de etanol lignocelulósico através das tecnologias em recente evolução para as denominadas biorefinarias. Elas podem ser alimentadas por resíduos de madeira e por outros resíduos orgânicos de nosso processo, até mesmo lixo orgânico domiciliar e de escritórios.

As unidades de reciclagem de resíduos sólidos são grandes demandantes de áreas físicas. Isso porque os espaços para compostagem e armazenamentos são enormes em função do tempo que toma o processo. Imaginemos apenas uma fábrica de 2.500 adt celulose/dia que esteja gerando 40 kg de lodo a 30% de consistência por tonelada de celulose. Esse logo engloba os lodos primário e secundário. Se a densidade aparente desse lodo for de aproximadamente 1.000 kg tal qual/metro cúbico, a geração diária de lodo será de 100 m^3. Admitindo um ciclo de compostagem de 3 meses, o volume que será disposto em leiras de compostagem será de 9.000 m^3. Como as pilhas de compostagem são baixas (máximo 2 metros de altura) e mostram uma seção triangular, com base de no máximo 3 - 4 metros, a área de compostagem fica enorme. Se estivermos falando de leiras de 2 metros de altura e 3 metros de largura, serão necessários 3.000 metros de uma leira contínua apenas para a área de compostagem. Isso representa 9.000 metros quadrados só de leira. Temos ainda os espaços entre leiras, áreas de estocagem de matérias-primas (lodos e cascas) e de produtos prontos (compostos). Acrescentem-se os edifícios, depósitos, etc. Para uma fábrica como essa e com essa geração, falamos de uma área de cerca de 4 a 5 hectares só para a compostagem desse lodo.

Estação de reciclagem de resíduos sólidos industriais
(International Paper do Brasil / ex-VCP - Luiz Antônio, Brasil)
(Leia: http://www.ipef.br/eventos/2006/biossolidos/Simposio_Biossolidos_13.pdf)

- **Etapa 08: Identificação de restritores e alavancadores para a reciclagem externa**

Antes de nos posicionarmos em relação ao mercado de produtos reciclados a partir de resíduos, é salutar que identifiquemos muito bem o que

já existe ou que esteja sendo praticado na região e no setor. Não podemos nos esquecer que a imagem dos resíduos das fábricas de celulose e papel não é muito boa dentro das nossas comunidades. As pessoas tendem a associá-los com odor ruim, periculosidade, toxicidade, corrosividade, riscos de doenças graves, etc. Em função das informações desencontradas e alarmistas sobre dioxinas e furanos, há suspeitas que podem causar mal à saúde das pessoas, riscos à biodiversidade, etc.

Por essa razão, toda a legislação local e internacional precisa ser muito bem estudada. Documentos esclarecedores devem ser escritos para as partes interessadas; artigos científicos devem ser apresentados em congressos técnicos; a webpage da empresa deve conter imagens, posicionamentos e exemplos de utilização, etc. É vital se fornecerem claras argumentações técnicas e cientificas. É também muito importante que os estudos e os trabalhos publicados envolvam universidades locais, ONGs, cientistas de renome, tudo para agregar credibilidade e confiança nos potenciais usuários. É também fundamental que acreditemos no processo e em sua saúde ambiental. Se tivermos indícios de problemas acerca disso, só avançar para a reciclagem externa, após termos tido os devidos esclarecimentos da ciência.

Curiosamente, muitas vezes temos barreiras a vencer dentro da própria empresa. É muito comum que a área florestal, que poderia ser vista como a principal cliente potencial, passe a mostrar restrições ao uso dos resíduos nas florestas. As razões na verdade são simples e entendíveis. Os técnicos florestais vêm nisso um aumento de seus custos de produção, sem um retorno garantido no curto prazo. Afinal, aplicar resíduos em florestas leva a operações adicionais e onerosas no campo. Isso tudo precisa ser provado aos técnicos florestais na forma de experimentações e pesquisas. Entretanto, isso leva tempo. Enquanto eles não se convencerem dos ganhos, a própria fábrica que se interessa pelo cliente, pode muito bem assumir os custos das aplicações dos produtos da reciclagem nas florestas e também os custos das pesquisas.

Existe legislação internacional muito ampla e esclarecedora sobre as adições máximas aos solos de metais pesados e de POPs (Poluentes Orgânicos Persistentes). Isso precisa ser muito bem avaliado e adaptado para as condições locais.

Algo às vezes esquecido é o registro dos produtos da reciclagem nos órgãos competentes de seu país ou região. Não podemos sair a aplicar resíduos ou compostos orgânicos obtidos de resíduos industriais sem termos isso perfeitamente licenciado ou cadastrado nos órgãos competentes (Meio Ambiente, Agricultura, Fazenda). Para a disposição de resíduos industriais no solo, mesmo que compostados ou reciclados, é provável que tenhamos que elaborar um EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental – ou obter a liberação e as licenças do órgão ambiental. Nada mais lógico e natural. Registros nos

órgão de controle agrícola e fitossanitário, bem como em entidades comerciais podem também ser exigidos.

O importante é que tudo esteja absolutamente dentro da lei e com selo de qualidade. Se for possível, registrar-se em uma entidade verde de recicladores. Caso a empresa tenha as certificações IS0 9.001 e IS0 14.001, ou mesmo a certificação florestal, é salutar que toda a área de reciclagem de resíduos esteja contemplada com documentação técnica, auditorias, etc.

Além das análises químicas, as avaliações de ecotoxicidade são fundamentais para garantir a sanidade do produto e seu mínimo impacto ambiental. Isso envolve testes de toxicidade aguda, crônica, genotoxicidade, carcinogênese, etc. Há muitos testes que podem ser realizados - adotar os mais freqüentemente exigidos pelos legisladores locais e internacionais para esse tipo de situação.

Finalmente, outro fator importante é o constante monitoramento ambiental e impactos sociais, dentro e fora de nossas cercas. Dentro de nossas instalações, é vital que as operações sejam seguras, para garantir a imagem dos produtos. Imagine a situação hipotética de que a empresa não tenha cuidados ambientais na sua estação de reciclagem e venha a contaminar algum rio da região por uma acidente ambiental sério. Será destaque negativo na mídia, gerará pânico na comunidade e a imagem estará definitivamente comprometida. Nessas situações aparecem os "cavaleiros do Apocalipse" para nos criticar com o propósito de destruir, e o nosso programa de reciclagem pode desaparecer para sempre. Às vezes, até mesmo antes de começar. Outras vezes, tudo desaparece por nossas próprias faltas e desatenções. Temos que respeitar e muito a sociedade e o meio ambiente. Serão eles que deverão absorver nossos resíduos reciclados. Serão eles nossos clientes preferenciais.

Quando os nossos produtos de reciclagem são utilizados por clientes externos (lavradores, jardineiros, agricultores, olarias, construtores de obras civis, etc.) é também importante que se realizem visitas regulares de monitoramento junto aos usuários. Esse monitoramento nos ajuda a melhorar o processo, tanto na qualidade dos produtos como na minimização de seus riscos. O mau uso de nossos produtos pode eventualmente causar sérios impactos ambientais e resultar em prejuízos econômicos, ambientais e sociais a terceiros. Por isso, amigos gestores de resíduos, nunca esquecer dos resíduos reciclados, só porque eles saíram de sua fábrica ou de sua estação de reciclagem. Vocês continuarão responsáveis por eles, independentemente de terem sido colocados no mercado.

- **<u>Etapa 09</u>: Relacionamento com o mercado comprador e com a sociedade**

Toda atividade de comercialização de produtos originados de resíduos merece ser tratada como uma parceria e não meramente como um negócio comercial. Também não podemos enxergar o comprador dos resíduos como um simples solucionador de nossos problemas. Por parceria vamos entender: transparência, confiança, respeito, transferência dos conhecimentos, etc. Como nós geramos os resíduos, nossos clientes são usuários deles, jamais podemos vê-los como competidores ou entes estranhos. Temos também que trabalhar para a fidelização dos mesmos e para que eles nos ajudem com indicações e recomendações para outros clientes.

Nossos clientes não podem ter dúvidas sobre os produtos. Não se trata aqui de um negócio do tipo "pagou, levou". Muito diferente disso: trata-se de um negócio onde as duas partes precisam se sentir ganhando – ou seja, um negócio ganha/ganha. De nossa parte, termos uma solução ecoeficiente para nossos resíduos e a minimização dos custos com resíduos. Por parte do cliente, ele deve enxergar vantagens suficientes em custos e em performance que o estimule a continuar a usar os produtos. Por essa razão, todas as glórias de premiações ambientais que a empresa vier a desfrutar por suas atividades de reciclagem devem ser compartilhadas com os clientes. São comuns essas premiações por entidades de classe, câmaras de comércio, etc. Na maioria das vezes, aparece um alto executivo da empresa para receber o prêmio e os clientes/parceiros são até esquecidos de receber convites para a solenidade do prêmio que eles ajudaram a construir.

Os produtos da reciclagem, como quaisquer outros produtos, exigem especificações de qualidade e de performance. Quem os compra, não tem o propósito de apenas nos ajudar a resolver o problema de nossos lixos industriais. Ele que pagar por algo que lhe ofereça performances na utilização. Por isso, não se trata de se "produzir o que deu", e sair vendendo a quem quiser comprar. Especificações desejadas e necessárias são, dentre outras: teor de umidade, pH, teor de material orgânico, teor de cinzas, teor de nitrogênio, relação C/N, corrosividade, poder calorífico, etc., etc. Para isso, serão necessárias avaliações, análises, e garantias de qualidade pelo produtor.

Para se garantir a qualidade dos produtos dos resíduos, as exigências com as matérias-primas passarão a ser muito maiores. Os resíduos gerados por nossas fábricas deverão também ser gerados dentro de faixas de especificação, caso contrário, não servirão como matéria-prima para a reciclagem. Eles devem ter muito maior homogeneidade em quantidade e qualidade. Acabam assim as facilidades que a área operacional das fábricas possuíam, que era de gerar resíduos da forma que quisessem, até mesmo se esquecendo deles. Acaba-se também o conceito de que "o resíduo é porcaria que pode sair na forma como der, e ponto final". Só que agora o ponto final

é outro, é exatamente sobre essa forma inadequada de se enxergar os resíduos. Sobre eles, as atenções passarão a ser tão grandes como sobre os demais produtos da empresa, como celulose e papel. A fábrica de celulose e/ou papel passará a ser fonte qualificada de matéria-prima para a central de reciclagem, devendo ter atenção às quantidades e qualidades dos seus resíduos.

Com essas novas maneiras de se olhar a reciclagem e os resíduos, fica mais fácil se conseguir aberturas para comercialização e venda. Para facilitar ainda mais as coisas, vale a pena se implantar um amplo programa de comunicação com a sociedade. As visitações à central de reciclagem devem ser incentivadas, quanto mais pessoas conhecerem o que fazemos bem, melhor. Esses visitantes devem até mesmo ocorrer todos os dias, pois colocaremos exigências e responsabilidades para que os operadores mantenham sempre a central de reciclagem em condições de ser admirada pelos visitantes. Eu já pensaria mais longe: incluiria essa visita nas agendas de turismo da região. No estado do Rio Grande do Sul, ao se ir visitar a passeio a serra gaúcha, visitar vinícolas já é parte do turismo da região. É algo absolutamente natural, faz parte do turismo de lá. Os turistas ainda têm direito a degustações e brindes. Idéias vencedoras existem para serem copiadas. Porque não abrir nossas centrais de reciclagem para as visitas de turistas? Poderiam ver a fábrica de celulose e papel também. Ao final, ganhariam como brinde, não apenas um bloco de papel, mas também um saquinho de composto orgânico para usarem nas suas violetas, roseiras ou frutíferas.

A beleza de estações de reciclagem como as da empresa Vida (parcerias com Aracruz Guaíba e Veracel) e da International Paper do Brasil (Luiz Antônio) são algo a serem compartilhadas com a sociedade. Essa mesma sociedade está sempre recebendo notícias ruins de todos os tipos pelos noticiosos do dia-a-dia. Porquê não surpreendê-la com nossos belos feitos ambientais, então?

A filantropia envolvendo produtos de resíduos também é uma prática interessante. Ela é feita com dois motivos: o filantrópico em si e o educativo sobre reciclagem. As doações dos produtos da reciclagem para hospitais, prefeituras, escolas públicas e privadas, universidades, etc. colaboram para que esses produtos sejam mais conhecidos e entendidos pela sociedade. Se passarem a ser admirados, melhor ainda!

É também importante que a sociedade entenda que, como qualquer atividade industrial, a fabricação de celulose e papel gera resíduos também. Só que o setor já detém tecnologias com altíssimo nível de ecoeficiência para tornar mínima essa agressão dos resíduos. Por outro lado, a reciclagem tem excelente imagem junto à sociedade, que a enxerga como algo muito favorável ao meio ambiente. Por isso, a educação ambiental e a comunicação precisam estar atreladas ao programa de gerenciamento de resíduos sólidos.

A soma das tecnologias, compromissos ambientais e sociais, respeito, transparência e comunicação integrar-se-ão naquilo que denominamos sustentabilidade. Portanto, vamos fazer isso tudo muito bem.

Produtos da reciclagem de lodos de fabricação de celulose (Aracruz Celulose Guaíba/Vida) disponível em supermercados em Porto Alegre e arredores

- **Etapa10: Comemoração e júbilo pelas conquistas com os resíduos sólidos**

Como seres humanos racionais e emocionais, o sucesso do programa exige reconhecimento. Aos que tiverem determinação e coragem para implementar algo tão complexo, aos clientes e parceiros, às partes interessadas da sociedade que tiverem apoiado, o reconhecimento é essencial. Isso pode ser feito através de continuado aprendizagem em temas ligados aos resíduos: congressos, palestras, cursos de especialização, etc. Divulgar nossos feitos em congressos técnicos é uma excelente maneira de motivar aqueles que se dedicam à gestão de resíduos. Além disso, obter reconhecimento de nossos pares que venham a se encantar com nosso estudo de caso já é uma forma de agregar valor à nossa carreira profissional.

==========

FATOS RELEVANTES PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Qualquer plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais exige alguns fundamentos básicos, já mencionamos e falamos sobre eles ao longo desse capítulo, mas eu gostaria de sumarizar isso nessa seção. Portanto, de forma simplificada, um bom plano de gerenciamento de resíduos deve:

1. Prevenir a geração dos resíduos, atuando nas fontes de geração de cada resíduo. Essa prevenção pode significar atuação em procedimentos, matérias-primas que gerem menos, condições processuais e tecnologias.

2. Segregar cada resíduo gerado, trabalhando com resíduos na maioria dos casos puros e não misturados;

3. Quantificar e qualificar cada resíduo nos momentos de normalidade e nos de anormalidade fabril;

4. Reutilizar e reaproveitar dentro da empresa toda quantidade de resíduo que for factível para tal (exemplo: rejeitos do digestor, palitos da depuração, cal virgem do forno, fibras perdidas, etc.). Valer-se das áreas capazes de absorver resíduos, tais como: o próprio processo que os gerar; o sistema de recuperação de licor; a caldeira de força que queima biomassa, etc.

5. Definir uma espécie de lei marcial que impeça que certos resíduos gerados deixem a fábrica como resíduos. Isso especialmente válido para os resíduos perigosos mencionados (rejeitos do digestor, palitos da depuração e cal queimada).

6. Definir tecnologias de reciclagem e mecanismos para comercialização de resíduos, transferindo para o mercado produtos com qualidade, especificações, credibilidade, confiabilidade de performance e segurança ambiental e à saúde das pessoas.

7. Especificar a qualidade de cada resíduo sendo gerado como matéria-prima para reciclagem ou para venda como tal. As principais especificações dizem respeito ao teor de umidade e nível das perdas químicas, mas outras exigências vão depender caso a caso.

8. Prover para as áreas que geram resíduos as condições adequadas para armazenar e manusear os resíduos em termos de: recipientes herméticos, galpões cobertos, pisos pavimentados, máquinas e veículos, pessoas treinadas e comprometidas, etc.

9. Definir quais os resíduos ou sobras que deverão ir para o aterro industrial e quais as quantidades máximas de cada tipo. Restringir o recebimento é uma forma de se diminuir a geração.

10. Manter a segregação e individualização dos resíduos mesmo no aterro industrial. Organizar o aterro de resíduos industriais, mantendo mapeamento de todo resíduo lá disposto. Com isso, poder-se-á recuperar eventualmente algum resíduo já aterrado, desde que se desenvolva mecanismo para sua reutilização ou reciclagem externa.

11. Cumprir todos os requisitos legais para a reciclagem e comercialização de produtos oriundos dos resíduos.

12. Registrar os produtos de resíduos em entidades e órgãos qualificados para isso (até mesmo para se poder emitir notas fiscais de venda).

13. Avaliar o potencial de reciclagem externa e os produtos passíveis de serem fabricados a partir dos resíduos. Identificar os mercados e promover os produtos.

14. Implantar campos e áreas de demonstração com parceiros locais (cientistas, agricultores, empresas de paisagismo, etc.).

15. Separar cautelosa e eficientemente os resíduos perigosos e seguir todas as recomendações da legislação em seu armazenamento, disposição final ou reciclagem (exemplo: óleos lubrificantes).

16. Monitorar interna e externamente todas as etapas do processo, ou seja, aplicar os conceitos de ciclo de vida para os produtos dos resíduos ("do berço ao túmulo").

17. Manter sistemas eficientes para contenção de resíduos e de seus percolados.

18. Lembrar-se que a central de reciclagem consiste em uma fábrica cujas matérias-primas são os resíduos. Como fábrica industrial ela deve seguir a lei, obter licenciamentos, realizar estudos de impacto ambiental, monitorar suas emissões, ter tratamento de efluentes, etc., etc.

19. Visitar e realizar constante "benchmarking" a nível setorial e mesmo com outros tipos de atividades industriais que gerem tipos similares de resíduos. Há sempre algo novo a se aprender sobre gerenciamento de resíduos.

20. Valorizar os aspectos ambientais, sociais e econômicos na gestão dos resíduos: o processo não poder ser só ambiental, nem só econômico ou social.

21. Valorizar as pessoas que trabalham com os resíduos. Elas não podem e não devem se sentir trabalhando com porcarias e sim com matérias-primas e produtos valiosos. Devem ser motivadas, comprometidas e orgulhosas do que fazem.

==========

DISPOSIÇÃO FINAL EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Toda empresa necessita de um adequado aterro de resíduos sólidos industriais. Algumas empresas optam por contratar esse tipo de serviço junto a aterros autorizados pela entidade ambiental do estado. A experiência tem mostrado que a busca pelo aterro de menor preço não é a melhor solução. Diversas empresas do setor que tiveram seus resíduos industriais depositados em aterros não muito qualificados (apesar de serem licenciados) estão com problemas com a lei, com passivos ambientais sérios, tais como: vazamentos de percolados, rompimento do aterro, contaminações de águas subterrâneas, perda de resíduos perigosos ao solo, etc. Por isso mesmo, não basta se contratar um aterro barato, acreditando que só por licenciado, ele vai ser sua solução. Se houver danos ambientais a responsabilidade será compartilhada entre sua empresa, a empresa dona do aterro e a entidade pública que concedeu a licença de operação do aterro. Vejam que a lei ambiental não é severa, ela procura apenas fazer justiça ao meio ambiente.

Acreditem amigos, dispor resíduos industriais não é algo como ir-se à privada, dar descarga e não se importar para onde vão os detritos. Sua empresa como geradora de resíduos sempre terá responsabilidades, portanto, auditar, selecionar e monitorar são verbos para serem praticados sempre.

Aterro de resíduos sólidos industriais com bom nível de ecoeficiência, apesar da mistura de alguns tipos de resíduos usados para dar mais estabilidade às camadas (cinzas da caldeira de biomassa são mais secas e ajudam na estabilização)

Quando o processo de disposição é através de aterro próprio, é recomendável se terem dois aterros básicos: um para o "lixo urbano comercial" (material de escritório, restaurante, sucatas, etc.) e outro para os resíduos industriais classe II. Caso requerido e exigido, há situações onde existem também aterros para Resíduos Classe I – Perigosos. Nesse caso, as exigências para os aterros são bem mais severas, até mesmo cobertura do mesmo pode ser exigida.

Os aterros precisam ser muito bem planejados quanto à sua localização para evitar contaminar cursos d'água, lençóis subterrâneos, aqüíferos, etc. Também é conveniente tê-lo longe de comunidades de pessoas. Existem duas coisas que todas as pessoas querem que existam, mas longe de suas casas: prisões e estações de tratamento de resíduos (efluentes ou lixos). Por isso, mesmo que tenhamos que gastar mais em transporte, é bom localizar a área de disposição final em uma fazenda ampla, cerca por florestas, jardins, etc. Nesse mesmo local poderá estar também a estação de reciclagem de resíduos. Entretanto, se houver área dentro de sua fábrica para localizar a central de reciclagem, é melhor. Assim ela ficará ao lado dos geradores de suas matérias-primas. Isso só não seria conveniente se a fábrica estiver dentro de cidades, cercada de vizinhos. Uma estação de compostagem por exemplo, libera metano, gás carbônico, odor, e sempre o trânsito de veículos incomoda os vizinhos.

Os grandes problemas ambientais dos aterros são as liberações de gases e os percolados. O chorume é extremamente perigoso, pois é concentrado e pode ter alguma toxicidade. Se ele contaminar o lençol

freático por vazamento do aterro, o problema pode se tornar sério. A sua composição varia em função dos tipos de resíduos que são depositados no aterro. Quanto mais desuniforme forem os tipos de materiais aterrados juntos, mais complexa fica a administração, quando há vazamentos nos aterros industriais.

Quando a política de reusar e reciclar está sendo praticada com vigor na empresa, as necessidades em volume de aterro se reduzem muito. Estima-se que com eficientes sistemas de gestão, pode-se reciclar entre 80 a 99% de todo resíduo sólido gerado em uma fábrica de celulose e/ou papel.

Suponhamos que nossa moderna fábrica de celulose kraft produza 1 milhão de toneladas ao ano de celulose de mercado e gere 90 kg de resíduos totais (na umidade de geração) por tonelada de celulose. A geração total de resíduos sólidos será de 90.000 toneladas ao ano. Se admitirmos uma densidade aparente média ponderada de 0,9 t/m³, estaremos gerando 100.000 metros cúbicos de resíduos sólidos. Admitindo uma compressividade natural de 30%, esses 100.000 m³ podem-se reduzir a 70.000 metros cúbicos. Caso se recuperem e reciclem 80% desse total, necessitaremos ao ano um volume de aterro de 14.000 metros cúbicos. Algo gerenciável nos dias de hoje.

O outro problema dos aterros é a liberação de gases, mas esses gases podem até mesmo serem convertidos em um benefício à empresa. Quando os resíduos contém muita matéria orgânica, nas condições de anaerobiose dos aterros, gera-se metano como gás dessa decomposição. Esse gás é muito mais problemático do que o gás carbônico como causador do efeito estufa. A relação considerada usual para cálculos é que o metano é 21 vezes mais problemático do que o CO_2 em seu potencial de causar efeito estufa. Por essa razão, ter-se formas de coletar o metano, queimá-lo para recuperar sua energia e liberá-lo como gás carbônico é considerado como um processo para obter créditos de carbono dentro dos conceitos do MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. O biogás gerado pode ser utilizado para abastecer as caldeiras ou os veículos da empresa. Tudo vai depender das quantidades produzidas e das quantidades disponíveis de matéria orgânica para ser decomposta por anaerobiose.

Tanto para a coleta de chorume como de metano necessita-se ter muito boa engenharia.

O primeiro desafio da engenharia dos aterros é se criar uma mega-barreira para evitar que o chorume vaze ou lateralmente, ou pelo fundo da área. O segundo desafio é colocar um muito adequado sistema coletor de chorume ou do biogás gerado (são sistemas independentes). Essa engenharia é complexa porque o resíduo tende a mudar de volume e a se compactar com o tempo. Isso pode danificar as galerias e os tubos colocados para coleta de chorume ou de metano.

O chorume coletado precisará ser tratado, logo todo aterro industrial tem duas possibilidades em relação a isso: criar uma estação de tratamento

de efluentes própria ou coletar o chorume e enviá-lo para a ETE da fábrica de celulose/papel. Isso pode ser feito por tubulações ou por uso de caminhões.

Quanto mais seco estiverem os resíduos sólidos, quanto mais protegida for a área das chuvas e das migrações de água escoando sobre e sob o solo, menos chorume será gerado. Por essa razão, é importante ir-se depositando, aterrando e cobrindo o material depositado, evitando assim manter amplas áreas abertas ao tempo para receber toda a água da chuva.

Os aterros bem feitos são protegidos por barreiras pelos lados e pelo fundo. A água que entrar dentro dele não consegue escapar a não ser pelo sistema de coleta de chorume e por evaporação.

Mesmo com toda tecnologia para se construir mega-barreiras para proteger o solo, sempre há chances de vazamentos. Os resíduos mudam muito de volume, eles são vivos, e ainda há o problema de sua alcalinidade, corrosividade, etc. Além disso, a própria geologia do terreno pode favorecer esse tipo de vazamento. Mais uma vez, são coisas a se considerar na escolha do local de construção do aterro de resíduos: terreno, hidrologia, geologia, falhas, camadas do solo, etc.

Da mesma forma que a água tem dificuldades para sair de dentro das células do aterro, ela também tem dificuldades para penetrar dentro do volume do aterro pelos lados e por baixo do mesmo. Dessa forma, a água que estiver dentro do volume do aterro terá vindo das chuvas ou com os resíduos (umidade). Reforça-se com isso a importância do resíduo chegar ao aterro o mais seco possível. Devemos evitar enviar material líquido/pastoso para os aterros, pois isso só nos trará dificuldades para fechar, compactar e estabilizar o aterro. Muitas vezes, consomem-se enormes quantidades de terra ou argila para se fazer isso. Ou seja, faz-se um aterro para resíduos e acaba-se usando parte dele com terra para estabilização das camadas de resíduos.

Todo aterro de resíduos industriais demanda um sistema eficiente de monitoramento do lençol freático. O monitoramento do chorume é exigido ser feito dentro e fora da área do aterro. O órgão de controle ambiental que libera e licencia o aterro exige freqüentes amostragens e poços de monitoramento na área. Com base na caracterização do chorume é que se determinará qual o tipo de tratamento para ele.

Quando o líquido contém matéria orgânica (DBO, DQO), mas contém baixíssima concentração de compostos perigosos (metais pesados, poluentes orgânicos persistentes) uma forma de se tratar no local é pelo uso de "wetlands" (leitos cultivados). Já existem diversas empresas utilizando esse conceito, bastante natural para tratar efluentes. A água resultante em geral é compatível com o ecossistema que irá recebê-la.

Quando o volume do aterro se completa, ele deve ser definitivamente desativado. Sugerimos que a medida que ele vá ficando cheio, que já façamos a desativação da área já preenchida. Não recomendamos encher todo o aterro e só depois pensar nas formas de se desativá-lo. A colocação de uma capa ou cobertura de fechamento na parte preenchida dá mais

segurança ao aterro, Essa cobertura pode ser de argila compactada e depois se coloca uma certa camada de solo. A camada de argila tem a função de "fechar a panela", evitando a saída de gases tóxicos e inflamáveis pela superfície. Os coletores de biogás podem ser mantidos vivos, pois a geração de metano persistirá por longo tempo.

Por outro lado, temos que oferecer uma segunda oportunidade a essa área desativada. Ela pode receber um belo jardim sobre ela, plantando-se arbustos e gramíneas, plantas de sistema radicular superficial. Outra boa alternativa é o plantio de alguma leguminosa que irá melhorando a qualidade do solo e dos jardins futuros. Algumas empresas fazem o plantio de alguma gramínea rústica e agressiva com a finalidade de dar apenas um aspecto mais natural à área.

O capeamento e a desativação do aterro deve garantir proteção total ao meio ambiente. A água de chuva deve continuar proibida de entrar dentro do aterro e se misturar aos resíduos, aumentando a quantidade do chorume. Isso seria desastroso. A umidade tem forte efeito sobre as mega-barreiras, pois a água é pesada e dissolve poluentes agressivos que migram mais facilmente pelo interior do aterro. Quando a desativação é bem feita, o monitoramento costuma não mostrar problemas ou prejuízos ao meio ambiente.

Aterro finalizado e capeado por gramíneas

Caso ocorra algum rompimento do aterro e com isso causando algum tipo de contaminação às fontes de abastecimento de água das comunidades, a autoridade sanitária tem todo direito de exigir que a empresa faça uma adequada remediação do aterro. Isso pode até mesmo significar construir um novo aterro e transferir todo resíduo do aterro problema para o novo. Os custos de remediação em situações como essa são enormes. Algo a ser evitado desde o principio. Mais uma vez, não podemos querer economizar, pois o barato pode sair muito caro mesmo.

Tomados todos os cuidados para que nosso aterro seja seguro e nunca venha a exigir remediação, poderemos oferecer noites mais tranqüilas a nossos dirigentes e às comunidades. Infelizmente, tenho encontrado em minha vida profissional aterros de resíduos industriais de péssima qualidade, mesmo em empresas que pregam que praticam sustentabilidade. Isso é muito perigoso para a empresa, para o setor, para as comunidades e para o meio ambiente. Hoje, qualquer desastre ambiental que venha a ocorrer em uma empresa do setor (no Brasil ou fora dele) tem conseqüências e velocidades de propagação muito rápidas.

Por essas razões todas, recomendo que os cuidados com os resíduos sejam tratados institucionalmente pelas associações de classe. O ideal seria que as empresas firmassem algum tipo de compromisso público em relação aos seus sistemas de tratamento, prevenção e disposição de resíduos sólidos. Entretanto, isso não é para ser um guarda-chuva publicitário. Todas as empresas signatárias poderiam ser auditadas por empresas de terceira parte em alguma freqüência que oferecesse segurança. Já para as empresas não signatárias, as comunidades poderiam pedir mais atenção na fiscalização pelos órgãos públicos de controle.

Saúde ambiental se consegue com compromisso, com postura, com tecnologia e com muita determinação. Mas também se podem conseguir melhorias por pressões e por legislação. Melhor então que as pressões sejam feitas por nós próprios do setor de forma construtiva e não através de mecanismos com muita emoção e muito negativismo.

==========

RESÍDUOS SÓLIDOS NÃO PROCESSUAIS

Nem todos os resíduos sólidos que surgem em nossa fábrica de celulose e papel são gerados pelo processo produtivo, por esse tipo específico de industrialização. Há uma grande e diversificada variedade de outros resíduos que exigem segregação, manuseio, estocagem, cuidados, lavagens, comercialização, disposição, retornos, reciclagens, etc. Uma parte significativa desses resíduos pode ser comercializada através técnicas de coleta seletiva e reciclagem. Outros resíduos podem até mesmo ter algum destino na fábrica - por exemplo: a reutilização das madeiras de embalagens de insumos que entram na nossa fábrica.

Em termos de classificação, alguns resíduos poderiam estar sob o nome genérico de "resíduos comerciais", originados de escritórios, operações comerciais, serviços, etc., etc. Entretanto, alguns desses resíduos podem estar contaminados com produtos químicos, óleos e graxas, etc. Com isso, passam a ter outra classificação e podem até mesmo virarem resíduos perigosos. Por exemplo, uma sucata inerte de obra civil, se contaminada com

óleo lubrificante ou um óleo de transformador elétrico, muda imediatamente de classificação.

Dessa forma, a gestão desses resíduos não processuais precisa ser muito criteriosa, acompanhada e monitorada pela empresa geradora. Há muitos casos conhecidos, onde a gestão se descuidou e um resíduo que parecia inofensivo se transformou em um grande problema legal. É conhecido o fato de que bombonas ou tambores de produtos químicos, quando mal lavados e comercializados, podem levar resíduos perigosos aos novos donos. Ou então, os famosos páletes de madeira tratada com preservativos químicos, que podem ser desmantelados e vendidos como madeira. Se queimados para gerar calor em fogões caseiros podem trazer inconvenientes aos usuários.

Muitas vezes, a empresa geradora terceiriza a atividade de reciclagem desse tipo de resíduos, esquecendo-se que sua responsabilidade sobre os resíduos não é transferível, mas sim é compartilhada. Mesmo que terceirizada, a atividade deve ser auditada e monitorada sempre, e com rigor.

Diferentemente de todos os resíduos até agora mencionados, esses outros tipos de resíduos são bem mais variados em tipos e quantidades. Podem ser citados:

Lixo: materiais que são descartados pelas áreas administrativas, refeitórios, vila residencial, e similares. Pode ser orgânico, seco ou inerte (varrições, EPIs - equipamentos de proteção individual - velhos, etc.).

Sucata metálica: material descartado em atividades de manutenção mecânica, eletrônica e elétrica, engenharia e montagem, etc.

Sucata de obra civil: entulhos e restos de obras ou demolições.

Resíduos não industriais gerados pelo processo: são resíduos contendo produtos químicos ou usados/gerados nos processos para armazenagem, embalagem, etc. Exemplos: arames, bombonas, estopas, embalagens de madeira, de papelão, etc.

Lixo hospitalar: são materiais recolhidos pelo centro médico contendo secreções, tecidos humanos, etc.

Resíduos perigosos não processuais: existe um bom número de resíduos problemáticos e para os quais a legislação recomenda atenção e gestão especial: óleos e graxas lubrificantes, combustíveis, agrotóxicos, biocidas, lâmpadas fluorescentes, baterias, pilhas, resíduos radioativos, etc.

A gestão dessa diversidade de produtos e lixos é complexa e requer muita competência e responsabilidade. Qualquer uso inadvertido de algum

desses resíduos pode significar penalidades e processos legais, portanto, muita atenção.

Apesar de muitos desses resíduos encontrarem algum tipo de destinação e reciclagem, esse processo todo tem um custo e também não tem retorno financeiro. Porém é necessário e muito necessário. Aqui também vale a regra número 01, que é prevenir ao máximo a geração. Isso implica em ações tais como:

- Utilizar integralmente nas fábricas os conteúdos químicos de embalagens de insumos (sacos, "big-bags", tambores, bombonas, etc.);
- Negociar mudanças nos tipos de embalagens;
- Negociar retorno das embalagens aos fornecedores;
- Mudar tipo de lâmpadas para iluminação;
- Usar ao máximo a iluminação e a ventilação natural nos prédios;
- Reduzir desperdícios de papel nos escritórios;
- Reduzir os desperdícios de comida nos restaurantes;
- Reduzir vazamentos de óleos lubrificantes;
- etc., etc., etc.

As quantidades de todos esses resíduos somados variam entre 0,8 a 10 kg/adt de celulose. A variabilidade é função das formas de gestão e dos tipos de materiais usados pela fábrica.

Quando reduzimos o lixo, reduzimos também o número de pessoas para trabalhar o lixo. A "fábrica oculta" é muito demandante de recursos humanos. A otimização do gerenciamento dos resíduos conduz a redução de custos, redução de áreas para disposição, redução de passivos e maior felicidade na empresa. Quem não gosta de trabalhar em ambientes bonitos e limpos. Em relação à potencial redução de pessoas pela gestão do lixo, sugiro sempre que se busque a relocação dessas pessoas que antes viviam atormentadas sem saber o que fazer e onde colocar o lixo e os resíduos. Ao se otimizar a gestão dos lixos, se elas colaborarem para o sucesso dessa gestão, merecem oportunidades para continuação de suas atividades, agora de forma mais digna.

Não é objetivo nosso nesse nosso **Eucalyptus Online Book** escrever sobre a gestão desses resíduos. Eles são comuns a todas as empresas industriais e ocorrem em todos os rincões do planeta. Existe muita literatura especializada sobre esse tema na web, em livros, publicações, palestras, etc. Colocarei algumas referências para vocês na seção de literaturas a consultar.

==========

ALGUNS CASOS DA VIDA REAL EXEMPLIFICANDO SITUAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL DE EUCALIPTO

Pretendo nesse item, mostrar de forma simples, através de um pequeno texto e com imagens demonstrativas, algumas situações que me aconteceram na vida real, mostrando casos de boa ou má ação em relação à gestão de resíduos sólidos nas nossas fábricas.

Colocarei para vocês apenas vinte situações das talvez centenas que já vivenciamos na nossa vida profissional no setor. Espero que apreciem, possam aprender algo e se divirtam com isso. Caso identifiquem situações similares em suas atividades, não se surpreendam. As coisas costumam ser muito parecidas entre as diferentes empresas. Dá perfeitamente para se antever onde estão ocorrendo dificuldades na gestão dos resíduos, ou então "onde o sapato está apertando e não sabemos como ajustá-lo". Por essa razão os exemplos, eles podem lhes ajudar a ver como as coisas se resolveram bem ou mal em outras situações de nossa vida nas empresas do setor de celulose e papel a partir do eucalipto.

Vinte casos da vida real

01

A beleza estética das nossas fábricas pode ser melhorada com a utilização de lodos residuais compostados para sua jardinagem. Isso valoriza as empresas e dá mais felicidade às pessoas que nela trabalham.

Maravilhosos parques ecológicos e jardins empresariais têm sido resultado da aplicação desses fertilizantes obtidos pela tecnologia da reciclagem.

Vejam resgate histórico do nosso estimado José Lutzenberger, junto com a engenheira agrônoma Cláudia Steiner e outros funcionários da antiga Riocell, no ano de 1985, envolvidos na construção do parque ecológico da empresa em Guaíba/RS.

Pergunto então: porquê muitas empresas cultivam ambientes feios, sem vida e sem chances de motivar suas pessoas. Se essas pessoas estivessem realmente motivadas, elas mesmo começariam a embelezar a empresa, afinal, elas são o sangue dessas empresas. Entretanto, sangue viciado não conduz à saúde - nem estética, nem empresarial.

02		Também a empresa Veracel na Bahia se valeu do lodo compostado para melhorar a qualidade dos solos da área fabril para desenhar um belo jardim rodeando suas instalações industriais. Observem a deposição do lodo sobre a área terraplanada e com solo de baixa fertilidade. O lodo compostado fertiliza e revitaliza esses solos, favorecendo a jardinagem posterior.
03	 	Olhem sempre os latões de lixo e as caçambas de resíduos de sua empresa. Façam o mesmo em suas casas. Elas revelam o quanto vocês estão atentos à geração de resíduos e ao consumo consciente.

04	 	Continuem fiscalizando os seus latões de lixo, mesmo os de seus escritórios, ao lado de seu computador. Perde-se muito, a sociedade humana é definitivamente consumista e perdulária, dentre os humanos, estamos nós também. Isso tudo enfeia e agride a Natureza. A responsabilidade não é de um "ente difuso" chamado empresa, a responsabilidade é de absolutamente todos os funcionários da empresa onde essas agressões sucedem.

05	 	Situações que em nada lembram nosso mundo evoluído podem ser encontradas, muita atenção para ver se elas não estão acontecendo ao seu lado. Caso você encontrar situações alarmantes de degradação ambiental é tempo a mudar a forma de gestão de imediato. É melhor agir rápido, pois o mundo mudou, as restrições existem e devem existir mesmo.

06	 	Mas existem muitos, muitos mesmo, bons exemplos na gestão dos resíduos, sejam eles industriais de processo, ou mesmo do lixo domiciliar, dos escritórios, etc. Vejam magníficos exemplos de coleta seletiva em pleno funcionamento na maioria das nossas fábricas.
07	 	Sobras de materiais não utilizados em obras, sucatas e restos de produtos químicos perigosos e vencidos são usuais problemas que os gestores de resíduos têm que enfrentar e solucionar nas empresas. Mais uma vez, a solução para esses problemas é exatamente evitar que esses tipos de resíduos sejam gerados, combatendo-os onde eles teriam suas raízes formadas na empresa: engenharia, planejamento e compras mais adequadas.

08

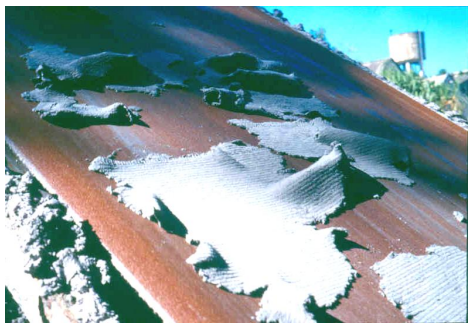
Segregar, segregar, segregar.

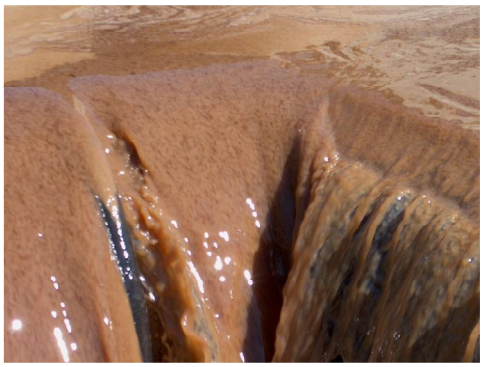
Essa é uma das regras fundamentais na gestão de resíduos;

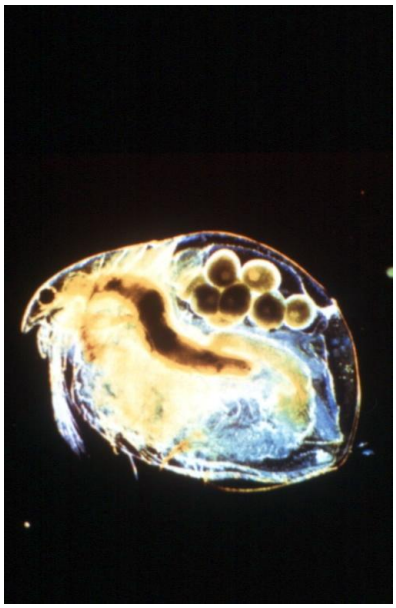
A primeira, recordem-se é:

Prevenir, prevenir, prevenir.

Vejam excelentes exemplos de segregação, transformando a central de resíduos em algo limpo, organizado e esteticamente bonito de ser visto.

09	 	Desperdícios de matérias-primas químicas acabam sendo direcionadas como resíduos e muitas vezes mudam a classificação de um resíduo onde se misturam, que seria inerte e não perigoso e passa para outro tipo, perigoso.
10	 	Fibras perdidas para efluentes são desperdiçadas como matérias-primas ou como produtos. Elas de forma alguma enobrecem um resíduo fabril que seria o lodo primário. Elas são atestado de que estamos jogando material bom e valioso fora. Isso sim é sinônimo de gestão precária na área ambiental e fabril.

11	 	Lodos se resolvem na sua origem, onde estamos perdendo material que se converte em lodo: fibras, areia, cargas minerais, material orgânico dissolvido (licor preto, filtrados contaminados, etc.)
12		Há formas tão simples para se recuperar fibras sendo levadas embora pelos efluentes; porque isso não é feito por muitos é o que eu não consigo entender.
13		No passado, os resíduos perigosos tipo óleos lubrificantes até que ficavam estocados ao tempo, "esperando que a corrosão e o desgaste dos recipientes viessem a prejudicar a estocagem". Hoje, muito melhor cuidar de reduzir a geração e do que for gerado, cuidar de segregar adequadamente para a reciclagem.

14	 	Bioensaios e testes ecotoxicológicos: uma boa maneira de se avaliar a sanidade e a periculosidade de seus resíduos para reciclagem.
15		Quando se praticam: segregação, prevenção e reciclagem, sobra muito pouco a aterrar.

16	 	Existem muito boas maneiras de se construir aterros para disposição final dos resíduos sólidos industriais, de preferência colocados de forma a não se misturarem nos mesmos.

17	 	Por outro lado, há aqueles que se aproveitam de alguma ferida da Natureza, causada pelo próprio homem, como enormes áreas erodidas, para jogarem seus resíduos de forma sem controle e sem monitoramento algum. Isso até parece filme de horror, mas se procurarem bem, podem até mesmo encontrar algo assim, até mesmo próximo de suas casas. Pode ser de alguma indústria, de alguma prefeitura, até mesmo de algum aterro industrial autorizado. Temos que demandar justiça para com a Natureza e responsabilidades de quem gera, manuseia, dispõe e gerencia mal os resíduos sólidos industriais.
18	 	"As fábricas muito feias e sujas que me perdoem, mas beleza e limpeza são fundamentais." ... parodiando o inesquecível poeta Vinícius de Moraes. http://pt.wikipedia.org/wiki/Vin%C3%ADcius_de_Moraes

19	Façamos fábricas e Natureza integradas. Temos conhecimentos e tecnologias para isso, não é mesmo? Há exemplos inúmeros pelo mundo atestando isso. Só não podemos nos acomodar, os bons sempre poderão ser ainda melhores. E os piores, poderão se modificar e resultar melhores, também.	

20	 	Juntos poderemos mudar o mundo. Do esforço de cada empresa, de cada lar e de cada cidadão somaremos forças para resultar processos mais ecoeficientes e com menores desperdícios de recursos naturais.

==========

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foto: Compostagem de casca Vida/Eldorado do Sul/RS

Quando planejei o **Eucalyptus Online Book** tinha a idéia de escrever apenas um capítulo sobre Ecoeficiência e um sobre Resíduos Sólidos Industriais na fabricação de celulose e papel. Naquele momento, esqueci-me que tenho uma vida dedicada a trabalhar esses conceitos em nossas fábricas. Esqueci-me também que existe uma ciência fantástica por trás desses temas. Esqueci-me ainda que para os resíduos sólidos existem centenas de desenvolvimentos tecnológicos surgindo para minimizar sua geração ou para reciclar as sobras de processo. Finalmente, havia me esquecido das emoções que permeiam pelos resíduos sólidos em nossas fábricas. Essas emoções englobam por exemplo a rejeição por parte daqueles que acham que o lixo é uma porcaria que vale nada, que tem mau cheiro e que custa dinheiro para jogar fora. Já existem também emoções altamente prazeirosas por parte daqueles que buscam soluções ecoeficientes para a solução dos resíduos e se entusiasmam a cada conquista. Dessa forma, o que era para ser um capítulo para Resíduos Sólidos transformou-se em quatro, sendo esse o segundo. Isso sem falar nos resíduos florestais, que ganhou um capítulo a parte, exclusivo, e muito apreciado pelos nossos leitores, pelo que recebi de retornos.

Ao longo de todos esses capítulos tenho insistido, talvez até com algumas críticas e com repetições de conceitos, sobre como deveria ser mais importante em nossas fábricas o tema sobre gerenciamento dos seus resíduos. Entendo também que há inúmeros casos de sucessos, de maravilhosas estações de reciclagem de resíduos, de muitas situações de aplicação de resíduos em florestas plantadas, etc. Vejo também muito empenho de pessoas e de empresas para a construção de novos modelos tecnológicos para a produção de celulose e papel, com mais sustentabilidade e compromissos. A elas ofereço um voto de reconhecimento pelo empenho que vêm mostrando na solução de desperdícios em nossos processos industriais e florestais.

Entretanto, para aqueles que ainda estão cegos à essa enorme "fábrica escondida" de geração de resíduos sólidos, peço que não se sintam aborrecidos com minhas eventuais críticas ao longo do capítulo - que as tomem como construtivas e mostrando novas oportunidades em como fazer as coisas. Quando uma criança é advertida pelos pais, eles estão querendo mostrar a ela os caminhos que acreditam ela deva trilhar. Estão apenas buscando um mundo melhor para ela. Vamos entender então assim alguma eventual crítica mais forte. Na verdade, elas não foram endereçadas a você. Você apenas identificou-se com o texto devido a alguma debilidade de seu processo ou de sua atuação profissional. Minha meta é a de despertar aqueles que estão deixando escapar fantásticas oportunidades de melhoria que muitas vezes são muito fáceis de serem conseguidas. Muitas vezes o gestor de uma área ou fábrica não está sequer vendo o problema; outras vezes está acomodado, deixando o tempo passar, sem notar que as coisas mudaram muito rápido.

Nesse capítulo enumerei para vocês os aspectos conceituais daquilo que considero importante na gestão de nossos resíduos sólidos. Não lhes trouxe engenharias, tecnologias, sequer sistemas de tratar resíduos. Também não me fundamentei em profundezas científicas – procurei isso sim lhes trazer minha experiência de boas práticas vivenciadas e aprendidas fazendo as coisas acontecerem. Uma espécie de relatos de vida, como alguns talvez tenham notado.

Nos próximos dois capítulos dessa série lhes detalharei mais os resíduos, um a um, exceto os resíduos fibrosos, já amplamente discutidos em capítulos anteriores.

Nessa série de capítulos estou lhes trazendo muita literatura virtual, abundante mesmo. Com ela, espero que aprendam muito e que elas lhes sejam valiosas. Meu propósito é muito claro para mim: quero ajudar o setor e vocês, com aquilo que sei e aprendi na vida, para que juntos possamos fazer nossas fábricas e nossas operações ainda melhores. Se o seu objetivo for esse também, de ter fábricas mais limpas, mais bonitas, mais ecoeficientes, então estamos juntos, no mesmo barco. Poderemos assim oferecer cada vez mais Sustentabilidade à Sociedade e ao Meio Ambiente. Com isso, teremos cada vez mais orgulho, mais compromisso, mais felicidade com o que fazemos e praticamos.

"É sempre possível se fazer um pouco melhor aquilo que já estamos fazendo ainda que muito bem hoje".

==========

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer a todos os muitos amigos que trabalharam ou trabalham comigo em diversas empresas do setor na busca da redução da geração de resíduos sólidos industriais em fábricas de celulose e papel. Em especial, a meus inúmeros amigos da "minha sempre viva Riocell", onde em

parceria com a empresa Vida Produtos Biológicos, hoje Vida Produtos e Serviços em Desenvolvimento Ecológico Ltda., pudemos desenvolver um processo pioneiro a nível mundial para reciclagem hoje em cerca de 99.4% dos resíduos daquela fábrica em Guaíba/RS Brasil. Esse caso de sucesso foi apresentado em inúmeros eventos técnicos do setor dentro e fora do Brasil, sendo até hoje considerado um exemplo de inovação corajoso e vencedor no setor. E isso começou de forma comercial em 1988, há vinte anos atrás. E em termos de pesquisas no Centro Tecnológico da Riocell, em 1983, ou seja, há 25 anos. Uma história que me enche de satisfação por eu ter tomado parte dela. Já nominei alguns desses amigos anteriormente ao longo desse capítulo, mas existem muitos outros dentre laboratoristas, operadores da fábrica, técnicos, estagiários, engenheiros, pessoas da sociedade civil, parceiros, caminhoneiros transportadores, operadores da central de resíduos, pessoas humildes trabalhando na reciclagem do lixo comercial, etc. Vocês todos ajudaram para a construção, não apenas de um sistema de reciclagem, mas de uma história inovadora que mostra que trabalhar com os resíduos industriais é possível, viável, seguro e ecoeficiente.

A todos vocês da ex-Riocell e Vida, bem como aos "amigos residueiros, recicladores e gestores dos resíduos" da Cambará Produtos Florestais, Nobrecel, VCP, Aracruz Celulose, Melbar Produtos de Lignina, Três Portos, Cenibra, Arauco/Chile, e CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas, dedico essa capítulo.

Aos que me honrarem com a leitura e eventualmente com novas e decididas conquistas ambientais setoriais alcançadas através de nossos ensinamentos, meu muito obrigado. Ficarei contente, agradecido e orgulhoso com seus feitos. Com muita certeza a Natureza, a Sociedade e o nosso setor de base florestal igualmente.

Sugiro que ainda continuem lendo nosso **Eucalyptus Online Book**, pois mais alguns capítulos sobre resíduos sólidos industriais complementam essa série.

Um abraço e até breve...

Celso Foelkel

==========

REFERÊNCIAS DA LITERATURA E SUGESTÕES PARA LEITURA

Meus amigos, estou a seguir disponibilizando textos que de alguma forma guardam relação direta com o que apresentamos nesse capítulo. Alguns deles são referências até mesmo consideradas históricas, por terem sido pioneiras iniciativas na gestão e reciclagem de resíduos sólidos de nossa indústria de celulose e papel de eucalipto no Brasil. Uma parte delas pode ser obtida para leitura ou "downloading" via Web. Outras, mais antigas, ainda da era pré-internet, só mesmo em bibliografias como revistas, livros ou palestras encontrados em bibliotecas especializadas.

De qualquer maneira, são cerca de 120 referências de alto valor para quem quiser aprender ou relembrar mais sobre as formas mais corretas e eficientes para se fazer a gestão dos resíduos sólidos industriais gerados em nossa indústria de celulose e papel de eucalipto.

Infelizmente, para os leitores que desconhecem o idioma Português, a maioria das referências está nele apresentada.

ABNT. **Resíduos sólidos: Nota técnica sobre a ABNT NBB 10004:2004**. ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. Website especializado. Acesso em 22.11.2008
Disponível em:
http://www.abnt.org.br/imagens/NOTATECNICACONSOLIDADOFINAL.pdf

ABTCP. **Recuperação de perdas na indústria de celulose e papel**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Comissão de Meio Ambiente. 5 pp. (Sem referência de data)

Andreola, J. **A responsabilidade dos bancos pelos danos ambientais causados pelas empresas financiadas**. Dissertação de Mestrado. UCS Universidade de Caxias do Sul. 145 pp. (2008)
Disponível em:
http://tede.ucs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=157

Andreoli, C.V. **Gestão de resíduos de estações de tratamento**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 47 slides. (Sem referência de data)

Aracruz Celulose. **Relatório de sustentabilidade de 2007. Sustainability report**. 146 pp. Website especializado. Acesso em 21.11.2008
Disponível em:
http://www.aracruz.com.br/minisites/ra2007/section/pt/download_pdf/RA_Port.pdf
(Português)
http://www.aracruz.com.br/minisites/ra2007/section/en/download_pdf/RA_eng.pdf (Inglês)

Arauco. **Plan de manejo de resíduos peligrosos. Planta Licancel**. 87 pp. (2005)
Disponível em:
http://www.e-seia.cl/archivos/Plan_de_Manejo___Licancel_Final.pdf

Arroja, L.; Louro, M.; Capela, I. **Gestão integrada de resíduos em fábricas de pasta para papel em Portugal**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 9 pp. (Sem referência de data)

Badu-Tweneboah, K.; Wentzell, P.L. **Evaluation of the performance of a pulp and paper mill sludge landfill final cover system**. TAPPI International Environmental Conference & Exhibit. p. 19 – 41. (1998)

BCPPA. **Pulp and paper mill residuals. A resource too valuable to waste**. British Columbia Pulp & Paper Association. 16 pp. (2000)
Disponível em:
http://www.cofi.org/library_and_resources/publications/environmental_energy/pdf/pulp%20and%20paper%20mill%20residuals.pdf

Butter, P.L. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento compartilhado de resíduos sólidos industriais no sistema de gestão ambiental da empresa**. Dissertação de Mestrado. UFSC Universidade Federal de Santa Catarina. 100 pp. (2003)
Disponível em:
http://www.fiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Teses/tese%2012.pdf

Cabral, A.R.; Lefebvre, G.; Burnotte, F.; Panarotto, C.T.; Pastore, E.L. **Uso de resíduos do processo de reciclagem de papel como recobrimento alternativo de aterros sanitários e de rejeitos de mineração gerados de drenagem ácida**. Revista O Papel 61(6): 74 - 83. (2000)

Canizares, E.M.P.N.; Zini, C.A. **As implicações da convenção de Estocolmo para a indústria de celulose e papel**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 50 pp. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.abtcp.com.br/arquivos/File/pops.pdf

Cardoso, R.S.; Adissi, P.J.; Xavier, L.H.; Xavier, V.A. **Ciclo de vida do produto, tecnologia e sustentabilidade: breve análise da gestão ambiental de resíduos sólidos no Brasil**. ENEGEP 2007. 7 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR680488_0554.pdf

Carvalho, A.G.M.; Valle, C.F.; Guerrini, I.A.; Corradini, L. **A compostagem como processo catalisador para a reutilização dos resíduos de fábrica de celulose e papel**. 35º Congresso Anual ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 10 pp. (2002)
Disponível em:
http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc310.pdf

Castilhos Júnior, A.B. **Produção de biogás e líquidos percolados em aterros sanitários**. Saneamento Ambiental 12: 28 – 33. (1991)

CEMPRE. **A rota do lixo**. Cartaz de Educação Ambiental. Portal CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem. Acesso em 10.11.2008
Disponível em:
http://www.cempre.org.br/download/cartaz_001_down.jpg

CEMPRE. **Manuais e livros CEMPRE**. Portal CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem. Website especializado. Acesso em 10.11.2008
Disponível em:
http://www.cempre.org.br/manuais.php

CEMPRE. **Vídeos CEMPRE sobre reciclagem**. Portal CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem. Website especializado. Acesso em 10.11.2008
Disponível em:
http://cempre.tecnologia.ws/videos.php

CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1999 a 2001)
Disponível em:
http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp
e
http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/areas_contaminadas.zip

CETESB. **Resíduos sólidos industriais.** CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2ª Edição. 233 pp. (1993)

CETREL. **Soluções integradas para resíduos**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 43 slides. (Sem referência de data)

Cláudio, J.R. **Resíduos sólidos. Aterro ainda é a solução mais viável?** Saneamento Ambiental 22: 24 – 27. (1993)

CNTL. **Gerenciamento de resíduos sólidos na pequena e micro empresa**. CNTL Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 48 pp. (2003)

COFI/ORGAMIX. **Pulp mill residual chemistry and options for regulation**. COFI Council of Forest Industries. 38 pp. (2000)
Disponível em:
http://www.cofi.org/library_and_resources/publications/environmental_energy/pdf/orgfinal.pdf

Corradini, L. **Manejo e operação da Central de Compostagem na Votorantim Celulose e Papel**. Simpósio IPEF sobre "Uso de Biossólidos em Plantações Florestais". Apresentação em PowerPoint: 38 slides. (2006)
Disponível em:
http://www.ipef.br/eventos/2006/biossolidos/Simposio_Biossolidos_13.pdf

Daroit, D. **Melhores práticas ambientais em empresas do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 136 pp. (2001)
Disponível em:
http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ga_dis_07.doc

Del Bel, D. **Resíduos industriais. Soluções e perspectivas para o futuro**. VIII Semana FIESP de Meio Ambiente. Apresentação em PowerPoint: 24 slides. (2006)
Disponível em:
http://apps.fiesp.com.br/bolsaresiduos/Documentos/Digiones_del_bel.pdf

DINAMA. **Gestión integral de resíduos sólidos industriales, agro-industriales y de servicios**. DINAMA Dirección Nacional de Medio Ambiente. Uruguay. 27 pp. (2003)
Disponível em:
http://www.mvotma.gub.uy/dinama/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=213&Itemid=158

EIPPCB. **BREF 2001 – Reference document on best available techniques in the pulp and paper industry**. EIPPCB European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. 509 pp. (2001)
Disponível em:
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/locatemr2.cfm?file=ppm_bref_1201.pdf&name=Pulp%20and%20Paper&info=info/pp.htm
e
ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/ppm_bref_1201.pdf
e
http://ec.europa.eu/environment/ippc/brefs/ppm_bref_1201.pdf

EKA Chemicals. **SVP-Lite ® & SVP-HP® . Overall flow diagrams**. Website especializado empresarial. Acesso em 10.11.2008
Disponível em:
http://217.28.196.150:80/Home/Functions/Eka+Engineering/Products+and+Services/Chlorine+dioxide

Eroglu, V.; Saatçi. **Reuse of sludge from pulp and paper industry. Pilot and full scale applications**. Water Science & Technology 28(2): 17 – 26. (1993)

Feitosa, G. **Remediação de áreas degradadas pela disposição de resíduos. Parte I**. Saneamento Ambiental 22: 30 – 35. (1993)

Ferrari, J.C. **Subsídios para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos industriais em uma unidade de produção de embalagens de papel – Estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso. PUC Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 128 pp. (2004)

Feyh, M.H.; Rech. I. **Ecoeficiência: análise do uso continuado na unidade Guaíba da Aracruz Celulose**. Anais SIMPOI. 16 pp. (2008)
Disponível em:
http://www.simpoi.fgvsp.br/simpoi/arquivo/2008/artigos/E2008_T00159_PCN18809.pdf

FIESP. **Normas técnicas e jurídicas sobre resíduos sólidos**. Portal da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Website especializado.
Disponível em:
http://www.fiesp.com.br/ambiente/area_tematicas/residuos/normas.aspx

FIESP. **Publicações e manuais especializados sobre gestão ambiental, reciclagem e setores produtivos** . Portal da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Website especializado.
Disponível em:
http://www.fiesp.com.br/publicacoes/meio-ambiente.aspx

Foelkel, C. **Poluição é sinônimo de desperdício e de dinheiro jogado fora também.** Ponto de Vista Grau Celsius. 3 pp. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/52%20final.doc

Foelkel, C. **Ecoeficiência significa desperdiçar menos recursos naturais e aumentar ganhos financeiros.** Ponto de Vista Grau Celsius. 5 pp. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/47%20final.doc

Foelkel, C. **As melhores tecnologias e práticas ambientalmente disponíveis para produção de polpa kraft branqueada de eucalipto**. Eucalyptus Newsletter Nº 08. (2007)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/newspt_mar07.html#quatorze

Foelkel, C. **Melhores tecnologias disponíveis para a fabricação de celulose de eucalipto**. Eucalyptus Newsletter Nº 10. (2007)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/newspt_julho07.html#cinco

Foelkel, C. **Resíduos sólidos industriais da produção de celulose kraft de eucalipto. Parte 01: Resíduos orgânicos fibrosos**. Eucalyptus Online Book. Capítulo 05. 78 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT05_residuos.pdf

Foelkel, C. **Ecoeficiência na gestão das perdas de fibras de celulose e do refugo gerado na fabricação do papel**. Eucalyptus Online Book. Capítulo 06. 97 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT06_fibras_refugos.pdf

Foelkel, C. **Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura**. Eucalyptus Online Book. Capítulo 07. 48 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf

Foelkel, C. **Ecoeficiência e produção mais limpa para a indústria de celulose e papel de eucalipto**. Eucalyptus Online Book. Capítulo 09. 86 pp. (2008)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT09_ecoeficiencia.pdf

Foelkel, C. **Oportunidades para ecoeficácia, ecoeficiência e produção mais limpa na fabricação de celulose kraft de eucalipto**. Eucalyptus Online Book. Capítulo 10. 92 pp. (2008)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT10_ecoeficiencia.pdf

Foelkel, C. **A produção de florestas plantadas de eucalipto sob a ótica da ecoeficácia, ecoeficiência e da produção mais limpa.** Eucalyptus Online Book. Capítulo 11. 113 pp. (2008)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT11_P%2BL_florestal.pdf

Foelkel, C. **Mil e uma maneiras de fazer sua fábrica de celulose e/ou de papel e sua floresta plantada mais ecoeficazes e mais ecoeficientes.** Eucalyptus Online Book. Capítulo 12. 125 pp. (2008)
Disponível em:
http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT12_P%2BL_final.pdf

FUNCEFETES. **Resíduos sólidos. Gerenciamento e controle.** Fundação de Apoio à Educação, à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico e Científico do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. Apostila do curso de pós-graduação em Engenharia Sanitária. 57 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=6-GERENCIAMENTO.pdf&idCliente=133
e
http://www.funcefetes.org.br/interna.asp?idCliente=133&acao=materia&id=13990 (Outras aulas do curso)

FUNCEFETES. **Aterros industriais.** Fundação de Apoio à Educação, à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico e Científico do Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. Apostila do curso de pós-graduação em Engenharia Sanitária. 55 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=9-ATERROSINDUSTRIAIS.pdf&idCliente=133
e
http://www.funcefetes.org.br/interna.asp?idCliente=133&acao=materia&id=13990 (Outras aulas do curso)

Fundação Gaia. **Fundação Gaia.** Website especializado. Acesso em 24.11.2008
Disponível em:
http://www.fgaia.org.br

Garcia, V.; Pongrácz, E.; Keiski, R. **Waste minimization in the chemical industry. From theory to practice**. RESOPT/ WASMIN Seminar. Proceedings. 11 pp. (2004)
Disponível em:
http://www.oulu.fi/resopt/wasmin/garcia.pdf

Gava, J.L. **Reciclagem de resíduos da indústria de papel e celulose**. Curso de Reciclagem de Resíduos Urbanos e Industriais no Solo Agrícola. IAC Instituto Agronômico de Campinas. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2006)
Disponível em:
http://www.iac.sp.gov.br/Curso_Reciclagem/2-Gava.pdf

Gilbert, S. **Finding a place for hazardous wastes**. High Technology Business. p. 26 – 30 (Outubro, 1988)

Gregolini, R.B. **Gerenciamento integrado de resíduos da indústria de papel e celulose**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 31 slides. (2008)

Hamada, J. **Resíduos sólidos. Conceituação e caracterização**. UNESP Universidade Estadual Paulista. 20 pp. (2003)
Disponível em:
http://wwwp.feb.unesp.br/joha/cursoaterro/Aula01.pdf
e
http://wwwp.feb.unesp.br/joha/cursoaterro/Aula01.htm

Harrison, R.B.; Guerrini, I.A.; Henry, C.L.; Cole, D.W. **Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento**. IPEF Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Circular Técnica 198. 23 pp. (2003)
Disponível em:
http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr198.pdf

Hilgemberg, E.M.; Bacha, C.J.C. **A indústria de celulose de mercado e as pressões ambientais**. Estudos Econômicos 33(1): 143-180. (2003)
Disponível em:
http://www.usp.br/estecon/index.php/estecon/article/viewFile/432/144

Hitchens, D.M.W.N.; Clausen, J.; Fichter, K. **International environmental management benchmarks. Best practice experiences from America, Japan and Europe**. Springer. 293 pp. (1999)
Disponível parcialmente em:
http://books.google.com/books?id=i0f91OoNAZkC&printsec=frontcover&source=gbs_summary_r&cad=0

Holm, J. **Waste minimization at Stora Enso Veitsiluoto mills**. RESOPT/ WASMIN Seminar. Proceedings. 7 pp. (2004)
Disponível em:
http://www.oulu.fi/resopt/wasmin/holm.pdf

IBAM/MMA/MC. **Gestão integrada de resíduos sólidos. MDL aplicado a resíduos sólidos**. 44 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.ibam.org.br/publique/media/01-girs.pdf

IBAM/SEDU. **Gestão integrada de resíduos sólidos. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 204 pp. (2001)
Disponível em:
http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/gestao_integrada_resid_solidos_manual.pdf

IHOBE. **Libro blanco para minimización de resíduos y emisiones. Pasta y papel**. 146 pp. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.p2pays.org/ref/20/19329.pdf

IHOBE. **El mapa de sus residuos. La ruta empresarial hacia mayores beneficios**. 31 pp. (2000)
Disponível em:
http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/archivos/Archivo_273.pdf

Kraemer, M.E.P. **Como quantificar e contabilizar os resíduos industriais**. Monografias. 8 pp. (Sem referência de fonte ou de data)
Disponível em:
http://br.monografias.com/trabalhos/quantificar-residuos/quantificar-residuos.zip
e
http://br.monografias.com/trabalhos/quantificar-residuos/quantificar-residuos.shtml

Landim, A.B. **Gerenciamento de resíduos sólidos na Cenibra**. II Seminário de Celulose e Papel. Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2005)

Lima, N. **Controle ambiental no setor de celulose e papel**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 35 slides. (Sem referência de data)

Luz, F.X.R. **Aterro sanitário**. Revista Engenharia Nº 447: 6 – 40. (1984)

Maltz, R.; Teixeira, J.R. **Aplicação dos conceitos de José Lutzenberger no tratamento de resíduos da indústria de celulose**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 19 slides. (Sem referência de data)

Maltz, R. **Comparação do uso agrícola de resíduos de celulose e a legislação internacional**. 41º Congresso Anual ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 27 slides. (2008)

Mazzer, C.; Cavalcanti, O.A. **Introdução à gestão ambiental de resíduos**. Infarma 16(11/12): 67 – 77. (2004)
Disponível em:
http://www.cff.org.br/revistas/45/aintroducao.pdf

MCA. **A guide for landfill disposal of solid waste**. MCA Manufacturing Chemists Association. 8 pp. (1974)

Meadows, D. **Riocell nurtures environmental accomplishments**. Tappi Journal 77(5): 57 – 59. (1994)
Disponível em:
http://www.tappi.org/s_tappi/bin.asp?CID=9457&DID=533704&DOC=FILE.PDF

Mieli, J.C.A. **Sistemas de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel**. Tese de Doutorado UFV Universidade Federal de Viçosa. 111 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1105

Mounteer, A.H. **Controle ambiental na indústria de celulose e papel. Parte II**. Curso de Pós Graduação "latu senso" UVF/ABTCP Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 255 slides. (Sem referência de data)

NCPI. **Waste minimization in small scale industries. Training course. Slide show**. National Productivity Council of India. Website especializado. Acesso em 11.11.2008
Disponível em:
http://wmc.nic.in/training-slides.asp

Nurmesniemi, H. **Utilization of wastes at the Stora Enso Veitsiluoto mills**. RESOPT/ WASMIN Seminar. Proceedings. p. 145 – 149. (2004)
Disponível em:
http://www.oulu.fi/resopt/results/Nurmesniemi4.pdf

Oliveira, A.C.; Fernandes, F.M.; Lima, N.L.; Dutra, N.; Ramos, W. **Resíduos sólidos gerados diretamente dos processos industriais**. 30° Congresso Anual ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 17 pp. (1997)

Peixoto, M.S.D. **Termo de ajustamento de conduta e termo de compromisso**. Seminário ADVB "A lei de crimes ambientais". Apresentação em PowerPoint: 41 slides. (2002)
Disponível em:
http://apps.fiesp.com.br/bolsaresiduos/Documentos/Termo%20de%20compromisso%20de%20ajustamento%20de%20conduta%20e%20Termo%20de%20compromisso.zip

Perecin, L. **Problemas transformados em soluções**. Revista O Papel 65(10): 52 – 58. (2004)
Disponível em:
http://www.ipef.br/servicos/clipping/view.asp?Id=701

Perecin, L. **Turning problems into solutions**. O Papel 65(10): 59 – 60. (2004)

Pereira, A. C.; Silva, D.P.B. **Introdução ao gerenciamento de resíduos sólidos**. Apostila de curso CNTL/SENAI. Apresentação em PowerPoint: 68 slides. (Sem referência de data)

Pheysey, C. **Suzano. Gerenciamento de resíduos sólidos**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 13 slides (Sem referência de data)

Pichon, G. **Biometanização**. I Encontro de Resíduos Sólidos Industriais. p. 189 - 197. (Sem referência de data)

Pioli, M.S. **Responsabilidade pós-consumo do gerador de resíduos sólidos**. II Seminário ADVB de Resíduos Sólidos. Apresentação em PowerPoint: 25 slides. (2002)
Disponível em:
http://apps.fiesp.com.br/bolsaresiduos/detalhes_texto.asp?ID=93

Piotto, Z. C. ; Morita, D. M. . **Eco-eficiência na indústria de papel e celulose**. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS. 8 pp. 2006.

Politis, A.F. **Mais importante do que saber onde colocar, é não gerar resíduos**. Conselho em Revista Nº 30: 17 – 19. (2007)
Disponível em:
http://www.crea-rs.org.br/crea/pags/revista/30

Portal Pica-Pau. **José Lutzenberger**. Website especializado. Acesso em 14.11.2008
Disponível em:
http://www.pick-upau.org.br/mundo/jose_lutzenberger/jose_lutzenberger.htm

Poyry. **Gunns Bell Bay. Pulp mill main dimensioning. Annex I**. Environmental Impact Assessment Study. Jaakko Poyry. 361 pp. (2006)
Disponível em:
http://www.gunnspulpmill.com.au/iis/V7/V7_A9.pdf

Revista Rural. **Agroindústria - A arte de transformar em lucros resíduos!.** Website especializado. (1998)
Disponível em:
http://www.revistarural.com.br/edicoes/1998/Artigos/Rev04_agroindustria.htm

Righesso, C. **Recuperação de aterro de resíduos sólidos em fábrica de celulose**. 4º Concurso Experiências de Sucesso. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 12 pp. (Sem referência de data)

Riocell. **Riocell – An open book – Know our environment**. 44 pp. (1992)

RIPASA. **Tratamento de efluentes e resíduos sólidos. Enfrentando problemas, mostrando soluções**. ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. Apresentação em PowerPoint: 17 slides. (2003)

RPDC. **Submission to RPDC on the proposed Gunns pulp mill at Bell Bay**. Resource Planning & Development Commission. 26 pp. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.rpdc.tas.gov.au/__data/assets/pdf_file/0011/69923/510_National_Toxics_Network.pdf

Russel, C.; Odenhahl, S. **Environmental considerations for landfill development in the pulp and paper industry**. 81st CPPA Annual Meeting. p. A191 – A 198. (Sem referência de data)

Russo, M.A.T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Universidade de Coimbra Portugal. 196 pp. (2003)
Disponível em:
http://www1.ci.uc.pt/mhidro/edicoes_antigas/Tratamentos_Residuos_Solidos.pdf

Santos, M.K. **Eco-eficiência e avaliação de sistemas integrados de gestão**. Dissertação de Mestrado. UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 119 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10985/000604008.pdf?sequence=1

Schmidell, W. **Início de operação de biodigestores para resíduos sólidos**. Revista de Microbiologia 17(2): 162 – 172. (1986)

Science Daily. **Paper mill waste may be just right for reclaiming mineland**. Website especializado. Acesso em 01.12.2008
Disponível em:
http://www.sciencedaily.com/releases/2008/10/081031214322.htm

SENAI/CEMPRE. **Avaliação dos resíduos. Manual de avaliação do potencial de sua empresa para reduzir e reciclar os resíduos**. 8 pp. (Sem referência de data)

Silva, C.M.; Mounteer, A.; Gomide, J.L.; Colodette, J.L**. O processo químico de fabricação de celulose, a geração dos efluentes líquidos e sua caracterização físico-química e biológica**. UFV Universidade Federal de Viçosa. 32 pp. (2003)

Silva, C.M. **Controle ambiental na indústria de celulose e papel**. UFV Universidade Federal de Viçosa. Apresentação em PowerPoint: 39 slides. (Sem referência de data)

Soderhjelm, L. **Possible uses for fibrous sludges from the pulp and paper industry**. Paperi jaa Puu Papper och Traa 9: 620 –629. (1976)

Standenmaier, K.E. **Aterros industriais**. I Encontro de Resíduos Sólidos Industriais. p. 137 - 143. (Sem referência de data)

Steiner, C.; Herrera, J.; Foelkel, C. **Resíduos sólidos industriais ou bens de produção? O conceito da Riocell**. XIX Congresso Anual da ABTCP Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 14 pp. (1988)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1988.%20Res%EDduos%20ou%20bens%20de%20produ%E7%E3o.pdf

Stenum. **Stenum and sustainability**. Apresentação em PowerPoint: 21 slides. Website especializado. (Sem referência de data)
Disponível em:
http://www.stenum.at/download/stenum/STENUM%20Vorstellung%20homepage_en.pdf

Stenzel, L.; Foelkel, C.; Gallardo, V.R.B. **Considerações sobre a ecotoxicologia e mutagenicidade do sulfato de alumínio férrico**. 30º Congresso Anual da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 13 pp. (1997)
Disponível em:
http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/Artigo%20T%E9cnico%20ABTCP%201997.pdf

Teixeira, T.C.M.R. **Nivelando as informações para a gestão integrada de resíduos sólidos**. Oficina Editora. 88 pp. (2006)
Disponível em:
http://www.bandesonline.com.br/menuazul/estudos/documentos/analise_situacional.pdf

Thalheimer, C.A. **Gestão de óleo lubrificante automotivo usado**. FIESP Meio Ambiente. Apresentação em PowerPoint: 127 slides. (2008)
Disponível em:
http://www.fiesp.com.br/arquivos/curso_mma_oleo_lubrificante.pdf

Tocchetto, M.R.C. **Normas ABNT 10.004 revisadas.** UFSM. Curso de Química Industrial. Apresentação em PowerPoint: 33 slides. Acesso em 24.11.2008
Disponível em:
http://marta.tocchetto.com/site/?q=system/files/Quimica+Industrial+NBR+10004.pdf

Tocchetto, M.R.C. **Apostilas didáticas sobre gerenciamento de resíduos sólidos.** UFSM. Curso de Química Industrial. Website especializado. Acesso em 24.11.2008
Disponível em:
http://marta.tocchetto.com/site/?q=taxonomy/term/11

Tocchetto, M.R.C. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais.** UFSM. Curso de Química Industrial. 97 pp. (2005)
Disponível em:
http://marta.tocchetto.com/site/?q=system/files/Gest%C3%A3o+Ambiental+-+Parte+1.pdf

Tuppan, E.; Haynes, C. **Cost-effective landfill monitoring**. TAPPI International Environmental Conference. p. 391-397. (1998)

UNEP Chemicals. **Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases**. United Nations Environment Programme. 250 pp. (2005)
Disponível em:
http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/en/Toolkit_2005_En.pdf

UNEP Chemicals. **Standardized toolkit for identification and quantification of dioxin and furan releases**. **Emission factors for the toolkit.** United Nations Environment Programme. 250 pp. (2005)
Disponível em:
http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/en/Emission%20Factors_2005.xls

UNEP Chemicals. **Emisiones de dioxinas y furanos por quema incontrolada de biomasa**. United Nations Environment Programme. 42 pp. (2005)
Disponível em:
http://www.chem.unep.ch/pops/pdf/cpf/Informe%20Biomasa.pdf

UNIDO. **Cleaner production toolkit**. United Nations Industrial Development Organization. Website especializado. Acesso em 20.11.2008
Disponível em:
http://www.unido.org/index.php?id=o86205

Velema, G. **Management and benefits of pulp and paper mill residuals at Domtar Cornwall**. PAPTAC. 12 pp. (2003)

Veracel. **Relatório de sustentabilidade. 2007 Sustainability report** Website especializado. 173 pp. (2007)
Disponível em:
http://www.veracel.com.br/shared/relatorio2007.pdf

VIDA. **Vida Produtos e Serviços em Desenvolvimento Ecológico Ltda**. Website especializado. Acesso em 10.11.2008
Disponível em:
http://www.vida-e.com.br/vida_historia.asp

Wiegand, P.; Unvin, J. **Alternative management of pulp and paper industry wastes**. TAPPI International Environmental Conference. p. 337 – 345. (1994)

World Bank. **Pollution prevention and abatement handbook - Towards cleaner production**. 472 pp. (1999)
Disponível em:
http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/p_ppah/$FILE/PPAH.pdf

==========