

RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS OU BENS DE PRODUÇÃO?
O CONCEITO DA RIOCELL



Claudia Steiner
Jorge Herrera
Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Riocell S. A. - Guaíba - Brasil

1. Introdução

O Brasil, por características naturais, apresenta excepcional potencial para o desenvolvimento da produção de celulose e papel, principalmente por existirem ótimas condições para a produção florestal que permitem uma produtividade e desenvolvimento incomparáveis no mundo. Vemos esta afirmação se traduzir em realidade pela significativa competitividade das empresas nacionais em mercados externos e a crescente demanda no mercado interno. Hoje, mais intensamente, ocorre uma ampliação desta competitividade, com um número crescente de empresas nacionais em expansão de sua capacidade produtiva e outras novas surgindo no cenário produtivo.

Na área de celulose e papel os investimentos e empreendimentos são de ordem expressiva, representando impactos sociais, econômicos e ambientais muito significativos no Brasil e para o Brasil. No caso dos impactos ambientais os fatores considerados mais relevantes são aqueles que, além de trazerem reflexos sobre o ambiente natural, atuam diretamente sobre a população como é o caso das emissões aéreas e hídricas liberadas pelas indústrias. Menor atenção é dada aos fatores que apresentam impacto ambiental, porém não tão direto sobre a população, como é o caso dos resíduos sólidos gerados no processo industrial. Até certo ponto é compreensível a pouca relevância dada aos resíduos sólidos, pois de um modo geral, as práticas existentes para o controle deste problema como aterros sanitários, procedimentos de queima, etc, são considerados "eficientes" para a "resolução" desta questão. Entretanto, estes procedimentos, muitas vezes perpetuados ao longo do tempo, atuam como paliativos momentâneos e circunstanciais, sendo questionáveis a longo prazo.

2. Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos, em muitos casos, podem representar um grave problema em função de diversas consequências negativas que podem proporcionar quando mal manejados, como contaminação de solo e água. Tem sido, de maneira geral, um problema com poucas soluções, a não ser em alguns casos específicos. Na indústria de celulose e papel o mesmo fato ocorre. Poucas são as empresas que sabem a quantidade e tipos de resíduos gerados e, em menor número ainda, aqueles que possuem um eficiente tratamento para estes resíduos. Este fato não é exclusivo à área

"Trabalho apresentado no 21º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABCP - realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 21 a 25 de Novembro de 1988."

de celulose e papel, mas sim uma realidade nacional, fato que pode ser atestado quando vemos os lixões das grandes cidades e áreas próximas a centros industriais. Se pensarmos na progressão deste problema na medida do desenvolvimento industrial, a par de outros pontos a serem considerados, teremos, no futuro, o comprometimento da harmonia socio-industrial.

3. Programa de resíduos sólidos na Riocell

A Riocell S. A. é uma das grandes empresas nacionais no ramo de celulose e papel, com uma produção anual de 290.000 toneladas, através do Processo Kraft, atingindo os mercados nacionais e internacionais. Por sua magnitude e linha de processo, onde é exigido alto consumo de insumos, é natural que ocorra a geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos.

Estes materiais, transferidos para uma área especial pertencente à Empresa, eram depositados na forma de aterro sanitário, uma vez que todos os resíduos qualificam-se para este tipo de procedimento. Entretanto, do ponto de vista social e ambiental os resíduos trazem consigo uma responsabilidade, tanto quando de sua disposição como ao longo do tempo de sua existência.

Partindo deste pensamento, questionou-se o fato da existência do resíduo, não pelo fato da sua geração inevitável, mas pela conotação de inutilidade atribuída automaticamente a ele. Dentro deste princípio, procurou-se conhecer cada resíduo e avaliar o seu potencial de uso dentro do contexto de atividades próximas à Riocell bem como na própria área industrial e florestal da empresa.

4. Levantamento dos resíduos da empresa

Os diversos resíduos gerados na área industrial da Riocell são apresentados no quadro abaixo.

QUADRO I - Tipos de resíduos e quantidades produzidas na área industrial

TIPO DE RESÍDUO	PESO BRUTO(t/mês)
Cinza mineral leve(Fly Ash) - queima carvão	4700,0
Cinza mineral pesada(Bottom Ash) - queima carvão	1440,0
Lavagem da madeira	813,0
Serragem de madeira de eucalipto	2400,0
Rejeito do digestor	1000,0
Dregs + Grits - caustificação	387,0
Lixo geral	481,0
Lodo Estação Tratamento Efluentes	4350,0
TOTAL	15571,0

QUADRO II - Teor de umidade de alguns resíduos quando de sua geração

TIPO DE RESÍDUO	UMIDADE(%)
Cinza leve	0,1
Cinza pesada	50,0
Dregs + grits	44,0
Lodo E.T.E.	82,0

A fonte geradora e as avaliações realizadas para cada resíduo são apresentadas a seguir.

4.1 - Cinza mineral leve(Fly Ash) e pesada(Bottom Ash)

No processo de geração de energia pela caldeira de força é utilizado carvão mineral como combustível, na ordem de aproximadamente 630 t/dia. Este carvão, originário do Rio Grande do Sul de minas situadas próximas à Riocell, apresenta um teor médio de cinzas de 34%. O processo de queima com o carvão pulverizado gera uma parcela de cinzas que acompanha o fluxo de exaustão da caldeira(cinzas leves, Fly Ash ou cinza volante) e que são removidas do seio dos gases por um precipitador eletrostático. Outra parcela, chamada de cinza pesada(Bottom Ash) é depositada no fundo da caldeira.

A cinza leve depositada em um silo especial é, desde a implantação da caldeira de força, comercializada integralmente para empresa de cimento.

A cinza pesada, inicialmente depositada em aterro sanitário, encontra agora, aceitação nas próprias empresas mineradoras de carvão para a reconstrução da área minerada. Pode ser utilizada, ainda, como aterro para nivelamento de terrenos na área urbana de Guaíba, município onde se encontra a Riocell, desde que autorizado pela Secretaria da Saúde e Meio Ambiente do Estado e Órgão Municipal de Meio Ambiente. Estão em estudo, usos alternativos para esta cinza. Uma opção que já demonstrou ser viável em outras empresas, faz uso da cinza como agente de recapeamento de estradas. Concomitantemente, avalia-se a possibilidade do valor da cinza pesada como complemento mineral - fonte de macro e micronutrientes - para uso em solos agrícolas e/ou florestais.

Procura-se, quando possível, a existência de diversas opções que permitam, além da flexibilidade, a possibilidade da escolha do uso que maiores benefícios trazem à comunidade e à empresa.

4.2 - Resíduos da lavagem da madeira

A madeira, antes de ser cortada para ser processada no digestor, sofre uma lavagem para a eliminação de materiais estranhos que a acompanham(argila, areia e outros). Junto a estes materiais são liberados restos de cascas que não haviam sido separados totalmente da madeira na operação de descascamento. Inicialmente considerado inútil, este resíduo era descartado para aterros urbanos no município de Guaíba. Atualmente estas lascas de cascas, juntamente com cascas de eucalipto provenientes de eventuais descascamentos de toras na área fabril, são retiradas em caçambas e enviadas à Central de Resíduos onde é realizada a decomposição deste material e transformação em húmus, produto que apresenta um ótimo potencial para uso agrícola. Testes mais aprofundados de compostagem das cascas de eucalipto estão sendo realizados pelo setor florestal da Riocell onde a casca decomposta é utilizada como substrato para a produção de mudas de eucalipto.

O procedimento de compostagem da casca de eucalipto permite que este material apresente a opção de uso tanto no viveiro de mudas e/ou nas flores

tas, da própria empresa como para comercialização na forma de adubo orgânico para a produção agrícola, paisagismo e cultivo de plantas ornamentais.

4.3 - Serragem

Comumente denominada de finos do picador, a serragem tem sua origem no corte das toras de madeira na fábrica para transformação em cavacos (pequenos pedaços de madeira uniformemente cortados) que irão alimentar o digestor para a geração da polpa de celulose. Estes finos acompanham os cavacos até as peneiras classificatórias onde são separados. Inicialmente descartados como resíduo sem utilidade, agora sofrem nova reclassificação e divisão em duas frações. A fração mais grossa é encaminhada à planta de produção de celulose termo-mecanoquímica (CTMP). A fração mais fina é incorporada hoje ao carvão mineral e queimada na caldeira de força, gerando uma economicidade no processo, por permitir um consumo menor de carvão, proporcionando, inclusive, a redução das emissões de SO_2 em função da menor quantidade de carvão queimado. A adoção deste procedimento mostrou não proporcionar nenhuma alteração nas condições e na operacionalidade destes equipamentos.

Este resíduo então, anteriormente descartado, passa a participar diretamente no processo produtivo, proporcionando um benefício à empresa e ao meio ambiente pela redução de emissões aéreas bem como pela diminuição da necessidade de aterro sanitário.

4.4 - Rejeito do digestor

Ao processar a madeira (cavacos) para a produção de celulose, procura-se individualizar as fibras através da solubilização de componentes da madeira (lignina, hemicelulose, holocelulose, extrativos). Este processo é realizado em digestores que trabalham em condições de pressão e temperatura elevadas (≈ 12 atm, $\approx 175^\circ C$) promovendo o contato íntimo do licor de cozimento com a madeira (cavacos), resultando na individualização das fibras da madeira. Este processo, porém não ocorre completamente devido a desuniformidade da madeira alimentada ao digestor, resultando em pequena escala, o denominado rejeito do digestor, parcela de cavacos que não sofreram a individualização das fibras.

Inicialmente descartados para aterro sanitário, agora os rejeitos sofrem total reaproveitamento. Na Riocell, o processo de polpação é realizado através de um digestor contínuo (Kamyr) e os rejeitos, pedaços de madeira não cozidos, são separados das fibras em peneiras e enviadas a um sistema de desfibramento mecânico produzindo uma polpa (celulose), de qualidade bem característica, denominada filler. Ocasionalmente os equipamentos de desfibramento encontram-se em manutenção interrompendo este processo. Neste caso, os rejeitos são conduzidos ao pátio de rejeitos de onde são dosados junto com os cavacos que alimentam o digestor. Esta dosagem apresenta alguns detalhamentos técnicos a serem observados, e com isso, não proporciona problemas operacionais ao processo.

4.5 - Dregs e grits

Constituem materiais inertes originados nas seguintes etapas do processo.

- Dregs - é um material sólido, de cor escura, sedimentado e removido na clarificação do licor verde. Tem sua formação pronunciada na queima de licor negro no processo de recuperação dos licores residuais gerados no polpamento da madeira. É removido do processo, após passar por um filtro tipo tambor, com uma consistência aproximada de 30 a 40%.

- Grits - é o resíduo do preparo da cal hidratada, leite de cal, utilizado no processo da caustificação do licor verde, sendo constituído pela cal sinterizada e vitrificada na combustão de conchas marinhas e lama de cal do forno de cal.

Ambos os resíduos se acumulam no processo, proporcionando uma menor eficiência na caustificação do licor verde e leite de cal. Sofrem a ação de combustão a uma temperatura superior a 1000°C, sendo constituídos por substâncias inorgânicas e carbono elementar. Em função de sua composição química ambos foram amplamente estudados e avaliados para uso agrícola como corretivo da acidez do solo. Nestes estudos considerou-se tanto os aspectos agrônômicos como também toxicológicos, chegando-se a conclusão de que a utilização destes resíduos não proporcionam efeitos tóxicos ao solo e plantas, apresentando ainda resultados mais vantajosos que os proporcionados pelo calcário comumente utilizado para a neutralização da acidez dos solos. Credita-se este desempenho à sua composição química - rica em cálcio, magnésio e micronutrientes além de alguns macronutrientes como fósforo e potássio - e também a sua granulometria que permite uma ação mais rápida no solo. Dados específicos destes estudos encontram-se publicados nos anais do XIX Congresso Anual da ABCP de 1986 sob o título de "Avaliação do potencial de utilização do dregs e grits como corretivo da acidez e fertilizante na agricultura".

Inicialmente descartados para aterro sanitário, hoje o dregs e grits encontram aceitação a nível de pequenos agricultores aos quais o material é doado. Este consumo não chega ao nível da quantia gerada e o excedente é depositado na Central de Resíduos, local destinado ao armazenamento de resíduos, de onde poderá, posteriormente, ser reutilizado, isolado ou em mistura com outros resíduos.

4.6 - Lixo geral

Sob esta denominação enquadram-se os resíduos de produção eventual e de constituição variável e indefinida como lixo de escritório, entulhos e restos de obras. De um modo geral é realizada a separação grosseira de materiais recicláveis como madeira, plásticos, sobras de papel e ferro velho existentes em maiores quantidades, sendo descartados apenas os materiais de difícil separação.

Estes materiais são conduzidos a aterro sanitário, onde sofrem mais uma separação por catadores de lixo, restando, desta forma, somente materiais realmente não reaproveitáveis. Como se tratam de resíduos inertes, este aterro situa-se em uma saibreira desativada na qual, após a deposição do lixo, será feita a recuperação do relevo original e o reenquadramento da área à paisagem natural circundante, proporcionando-se, consequentemente, um novo potencial produtivo ao local.

4.7 - Lodo gerado na estação de tratamento de efluentes

A estação de tratamento de efluentes (E.T.E.) da Riocell foi projetada e implantada para atender a padrões extremamente rigorosos de qualidade do efluente hídrico. Atinge níveis normais de performance de 99% de remoção de cargas orgânicas biodegradáveis, possuindo um estágio exclusivo de remoção de cor do efluente atendendo, inclusive, a padrões estéticos de qualidade. É composto pelos seguintes estágios:

- gradeamento: remoção de sólidos grosseiros,
- desarenamento: remoção de sólidos com densidade elevada,
- neutralização: correção de pH a valores próximos ao neutro (possibilita o bom desenvolvimento do tratamento biológico subsequente),

- decantação primária: remoção de sólidos remanescentes,
- condicionamento de temperatura: arrefecimento da temperatura do efluente condicionando-o ao tratamento biológico,
- tratamento biológico: redução da carga biodegradável. É composto por um reator selado (reator UNOX) e decantador secundário. Exclusivo para o reator UNOX existe uma planta de geração de oxigênio (Pressure Swing Adsorption),
- decantação terciária: remoção de cargas remanescentes com atenção especial a remoção de cor do efluente. Vale-se de ação flocculante do sulfato de alumínio,
- polimento do efluente: remoção de sólidos remanescentes ao tratamento terciário por clarifloculação.

Na estação de tratamento de efluentes são gerados sólidos que saem do processo nos estágios de decantação primária, secundária e terciária, sendo estes sólidos adensados, prensados e estocados em silos fechados antes de saírem da E.T.E.

Estes sólidos denominados de lodo do tratamento de efluentes, são constituídos principalmente por material orgânico (fibras não extraídas no processo como lignina, hemicelulose e holocelulose) e substâncias minerais. Em função destes dados, o lodo já foi avaliado considerando-se o seu potencial orgânico para utilização agrícola. As análises realizadas são apresentadas nos quadros a seguir:

QUADRO III - Composição química do lodo E.T.E. (fração orgânica do lodo cru) (dados sobre peso seco)

PARÂMETROS	QUANTIFICAÇÃO (%)
Matéria orgânica	69,87
Fração húmica	95,00
Carbono total	29,90
Nitrogênio total	2,22
Nitrogênio amoniacal	0,243
Nitrogênio nítrico	0,002
Relação C:N	13,47 : 1

QUADRO IV - Composição química do lodo E.T.E. (fração inorgânica do lodo cru) (dados sobre peso seco)

PARÂMETROS	QUANTIFICAÇÃO
pH	6,2
Densidade, t/m ³	0,7
Teor de cinzas, %	30,13
Fósforo, %	0,52
Potássio, %	0,08
Cálcio, %	0,61
Magnésio, %	0,04
Enxofre, mg/kg	82,3
Zinco, mg/kg	60,0
Cobre, mg/kg	20,0
Boro, mg/kg	0,2
Manganês, mg/kg	90,0
Ferro, %	1,7

Continua

..... continuação

PARÂMETROS	QUANTIFICAÇÃO
Chumbo, mg/kg	200,0
Níquel, mg/kg	< 30,0
Cádmio, mg/kg	< 5,0
Arsênio, mg/kg	2,0
Cromo, mg/kg	não detectado
Mercurio, mg/kg	não detectado
Sódio, mg/kg	2100,0
Alumínio total, %	6,7
Alumínio trocável, %	0,0

Com base nestes dados, fica comprovado o potencial de lodo como fonte de matéria orgânica, material de alto valor na produção agrícola.

No estado em que se encontra ao ser gerado no tratamento de efluentes os constituintes do lodo ainda se encontram sob forma química muito instável, fazendo com que o material seja impróprio como fertilizante orgânico. Para tanto ele deve, necessariamente, sofrer degradações e transformações microbianas de forma que o produto final gerado, o húmus, se encontre quimicamente estável.

A humificação do lodo foi avaliada através de dois procedimentos. Parte do material foi testado de forma a sofrer decomposição microbiana anaeróbica, ou seja, sem a presença de ar (princípio do biodigestor), procedimento realizado com a deposição do lodo em buracos escavados no solo e que, devido a acúmulo de água e formação de uma camada superficial isolante, permitem a exclusão do ar do processo e, conseqüentemente, a fermentação anaeróbica. O outro procedimento adotado foi o método de compostagem na qual o lodo, disposto em leiras à céu aberto, passa a sofrer decomposição microbiana aeróbica.

O húmus obtido é denominado de lodo aeróbico e lodo anaeróbico, conforme o processo de estabilização pelo qual passou.

As principais características dos produtos obtidos são relacionadas a seguir.

QUADRO V - Composição química do lodo aeróbico e anaeróbico (dados sobre peso seco)

PARÂMETROS	QUANTIFICAÇÃO	
	LODO AERÓBICO	LODO ANAERÓBICO
Matéria orgânica, %	72,6	65,16
Fração húmica, %	91,0	89,12
Carbono total, %	23,92	26,77
Nitrogênio total, %	2,2	2,17
Nitrogênio amoniacal, %	0,0003	0,0502
Nitrogênio nítrico, %	0,0213	0,0002
Relação C:N	11:1	12:1
Umidade, %	21,0	81,0
pH	6,5	6,8
Teor cinzas, %	48,02	34,84
Fósforo total, %	1,3	0,74
Potássio total, %	0,08	0,10
Cálcio total, %	3,6	5,74

Continua

..... continuação

PARÂMETROS	QUANTIFICAÇÃO	
	LODO AERÓBICO	LODO ANAERÓBICO
Magnésio total, %	0,2	0,06
Enxofre, mg/kg	149,9	800,0
Zinco, mg/kg	129,0	540,0
Cobre, mg/kg	30,0	18,0
Boro, mg/kg	0,9	4,0
Manganês, mg/kg	47,0	341,0
Ferro, %	0,37	2,06
Sódio, mg/kg	210,0	2191,0
Alumínio trocável, %	0,006	0,00

Os dados apresentados evidenciam o potencial do húmus obtido do lodo para uso agrícola, entretanto, nada indicam sobre possíveis efeitos negativos que possam ser proporcionados pelo seu uso.

Para tanto, além das avaliações químicas, foi realizada uma série de avaliações toxicológicas uma vez que os métodos analíticos de avaliação química ainda não são disponíveis para todas as substâncias que possam ser tóxicas nem indicam completamente o efeito das mesmas sobre o meio ambiente.

As avaliações toxicológicas foram realizadas em função de metodologias existentes à disposição no Brasil. Procurou-se, ainda, biotestes que abrangessem o máximo de organismos possíveis de forma que o efeito do lodo pudesse ser avaliado em diversos níveis tróficos. Sob este aspecto, foram utilizados métodos que englobaram testes de toxicidade aguda, toxicidade crônica e mutagenicidade, e que envolveram bactérias, microcrustáceos, anelídeos, células vegetais e peixes.

Os testes realizados foram:

a) Testes de toxicidade aguda:

avaliam o efeito imediato do agente em avaliação sobre um organismo vivo,

- teste com Spirillum - avalia o efeito tóxico do material em teste sobre a motilidade de flagelos da bactéria aquática Spirillum volutans (CETESB, 1987),
- Microtox - avalia efeitos sobre a emissão de luminescência da bactéria marinha Photobacterium phosphoreum (CETESB, 1987),
- teste com Daphnia - avalia efeitos tóxicos sobre a motilidade do microcrustáceo Daphnia similis (CETESB, 1988),
- teste com cebola - avalia a toxicidade na divisão de células de raízes de cebola Allium cepa (ZANELLA, C. C., 1987),
- teste com peixes - avaliação do desenvolvimento de peixes Tilapia nilotica alimentados com ração e lodo (GALLARDO, V. R. B., 1988).

b) Testes de toxicidade crônica:

avaliam o efeito de um agente tóxico a longo prazo, permitindo a manifestação da toxicidade mesmo quando o agente tóxico se encontra em baixas concentrações ou necessita de um determinado período de tempo até ser ativado,

- teste com Ceriodaphnia - avalia efeitos adversos sobre a sobrevivência e reprodução do microcrustáceo Ceriodaphnia dubia (CETESB, 1988),

- Teste com minhocas - avalia efeitos negativos sobre o desenvolvimento e reprodução de minhocas Eisenia foetida utilizadas como bio indicadora (STEINER, C., 1988).

c) Testes de mutagenicidade:

avaliam o efeito que um agente tóxico pode ter sobre o material hereditário, proporcionando mutações, anomalias ou aberrações cromossômicas,

- teste de Ames - avalia colônias mutantes em bactérias do gênero Salmonella quando expostas ao agente em teste (CETESB, 1987),
- teste com cebola - avalia o comportamento dos cromossomos mitóticos em meristemas de raízes de cebola (Allium cepa) cultivadas no meio em teste levantando a frequência de anomalias e aberrações cromossômicas (ZANELLA, C. C., 1987).

Os resultados destas avaliações são apresentadas a seguir:

QUADRO VI - Resultados das avaliações toxicológicas realizadas no lodo cru, anaeróbico e aeróbico

TESTES	RESULTADOS					
	LODO CRU		ANAERÓBICO		AERÓBICO	
	1,25%	100%	1,25%	100%	1,25%	100%
- Toxicidade aguda						
Spirillum volutans	N	P	N	N	N	N
Microtox	N	P	N	N	N	N
Daphnia	N	P	N	P	N	N
Allium cepa	N	P	N.R	N.R	N	N
Peixes	N.R	N.R	N.R	N.R	N	N
- Toxicidade crônica						
Ceriodaphnia	N.R	P	N.R	P	N.R	N
Minhocas	N	N	N.R.	N.R.	N	N
- Mutagenicidade						
Ames	N	N	N	N	N	N
Allium cepa	N	P	N	N	N	N

Onde: N = sem efeito tóxico ou mutagênico (negativo)

P = com efeito tóxico ou mutagênico (positivo)

N.R = não realizado por problemas técnicos

1,25% = concentração do lodo na amostra - equivale a uma mistura de 25 toneladas de lodo em 1 hectare de solo agrícola

100% = concentração do lodo na amostra - o lodo não foi misturado com solo agrícola, encontrando-se em estado bruto

De um modo geral, as avaliações toxicológicas realizadas com o lodo cru, anaeróbico e aeróbico seguiram um padrão de respostas. O lodo cru (no estado em que é gerado no tratamento de efluentes) apresentou efeitos tóxicos e mutagênicos sobre os organismos testados. Já na forma aeróbica e anaeróbica, o lodo não proporcionou nenhum efeito mutagênico, porém o lodo anaeróbico mostrou ser tóxico a alguns organismos testados (Daphnia similis e Ceriodaphnia dubia) quando em altas concentrações (100%). O lodo aeróbico não proporcionou efeito tóxico a nenhum dos organismos testados.

Pelos resultados obtidos pode-se observar claramente a diminuição da toxicidade e mutagenicidade do lodo após a estabilização, evidenciando que a população microbiana tem condições de degradar os eventuais agentes tóxicos presentes no lodo cru. No caso do lodo anaeróbico, não é claro se os

efeitos tóxicos apresentados são decorrência da constituição inicial do lodo ou subprodutos do tipo de fermentação sofrido, entretando, como somente ocorreram nos testes com lodo em alta concentração(100%) e não nos testes nos quais o lodo estava em mistura com solo, na quantia equivalente a 25 toneladas de lodo por hectare(dose elevada para uso de matéria orgânica), pode-se assegurar a utilização do lodo anaeróbico sem efeitos tóxicos.

Em função dos dados levantados, avaliações químicas(presença de macro e micronutrientes e ausência de metais pesados em níveis tóxicos) e avaliações toxicológicas(ausência de toxicidade no lodo humificado) fica comprovada a possibilidade da utilização do lodo como fertilizante orgânico após a degradação e estabilização microbiana.

Com base nestes dados, o lodo aeróbico foi testado para o cultivo de plantas olerícolas e frutíferas, proporcionando ótimos resultados, além de estar em avaliação na área florestal da empresa, no viveiro de mudas e em aplicações a campo. Está em andamento, ainda, um trabalho de recuperação de solos degradados em áreas de exploração carbonífera, na qual o lodo está sendo utilizado, juntamente com outros materiais inertes como subsolo e rejeitos do carvão, para a formação de uma camada de solo agriculturável.

Desta forma este resíduo, antes depositado em aterro sanitário, passa a ser um produto de elevado valor agrícola e florestal, além de poder ser utilizado para jardinagem, paisagismo e recuperação de áreas degradadas.

5. Potencialidade de uso dos resíduos

Em função dos resultados das avaliações realizadas com os diversos resíduos foi realizada a seguinte classificação de acordo com o potencial de uso de cada resíduo conforme quadro VII a seguir.

6. Manejo dos resíduos na Riocell

A partir de 1983, com a implantação do sistema de branqueamento da celulose, tratamento de efluentes, caldeira de força e planta química, a produção de resíduos gerados na Riocell passou a volumes e massas consideráveis, obrigando a empresa a criar uma estrutura especial para esta atividade: caminhões, caçambas especiais, máquinas pesadas para movimentação de terra e resíduos, mão de obra treinada para esta função e áreas próprias para a realização de aterros sanitários. Estes, apesar de se caracterizar como uma prática freqüente e universal visando minimizar os impactos que os resíduos sólidos possam causar ao meio ambiente, não resolvem o problema efetivamente, reduzindo apenas o impacto pelo confinamento em áreas resritas e cuidados especiais. Além disso, o custo de investimento e operacionalização deste processo soma a valores elevadíssimos acrescido ao fato do comprometimento da área de aterro e da inviabilização do local para outras atividades.

Com a valorização dos resíduos que passaram a se constituir em "subprodutos", a destinação final dos mesmos foi alterada e a necessidade de aterro sanitário foi reduzida drasticamente, como pode ser observado no quadro VIII a seguir.

QUADRO VII - Potencialidades de uso dos diversos resíduos

RESÍDUO	FORMAS DE UTILIZAÇÃO			
	NA EMPRESA	OUTRAS EMPRESAS	AGRICULTURA	OUTRAS ATIVIDADES
Cinza mineral leve	- agregante na construção - recapeamento nas estradas florestais	- fábrica de tijolos - fábrica de cimento	-	- agregante na construção civil
Cinza mineral pesada	- fertilizante áreas florestais - recapeamento estradas - agregante na construção	-	- complemento mineral para solos	- aterros - recuperação de áreas mineradas de carvão - agregante na construção civil
Casca de eucalipto	- fertilizante orgânico (mudas, florestas)	- fábrica de adubos orgânicos	- adubo orgânico (compostado)	- recuperação de solos - jardinagem - paisagismo
Serragem	- polpa CTMP (filler) - produção energia - queima na caldeira de força	- briquetes para queima como biomassa - fábrica de adubo orgânico	- adubo orgânico (compostado)	- queima como biomassa
Rejeito do digestor	- polpa filler - polpa kraft	-	-	-
Dregs + grits	- corretivo solos florestais - neutralização de efluentes	- fábrica de insumos agrícolas	- corretivo da acidez do solo	- construção civil
Lixo geral	-	- recicladoras de papel e metais usados	-	- catação materiais comercializáveis
Lodo E.T.E	- adubo orgânico para uso florestal e jardinagem	- fábrica de adubo orgânico	- adubo orgânico - biofertilizante - defensivo agrícola	- recuperação solos degradados - floricultura - paisagismo

QUADRO VIII - Destinação atual dos resíduos

RESÍDUO/SUBPRODUTOS	DESTINO
Cinza mineral leve	- fábrica de cimento
Cinza mineral pesada	- recuperação de áreas mineradas de carvão
Casca de eucalipto	- Florestal(viveiro, florestas) - Riocell(central de resíduos)
Serragem	- Riocell(polpa filler CTMP, queima na caldeira de força)
Rejeito do digestor	- Riocell(polpa filler, polpa kraft)
Dregs + grits	- Agricultura(corretivo acidez) - Riocell(central de resíduos)
Lixo	- Aterro sanitário
Lodo	- Florestal(viveiro, florestas) - Riocell(jardinagem, central de resíduos) - Recuperação de solos de áreas de mineração

Quantificando-se estes dados o volume de resíduos encaminhados à aterro sanitário são:

QUADRO IX - Quantidade de resíduos enviados para aterro sanitário antes e após a valorização

RESÍDUO	Produção resíduos, t/mês	Condição inicial, t/mês	Condição atual, t/mês
Cinza mineral leve	4700	comercializada	0
Cinza mineral pesada	1440	1440	0
Carga de eucalipto	813	813	0
Serragem	2400	2400	0
Rejeito do digestor	1000	1000	0
Dregs + grits	387	387	0
Lixo	481	481	481
Lodo	4350	4350	0
TOTAL	15571	10871	481

7. Central de Resíduos

Com a implantação do programa de valorização dos resíduos, reduziu-se enormemente a quantidade de material a ser descartado em aterros sanitários, entretanto, os resíduos que não apresentam uma utilização direta, ainda necessitam de uma área especial para sua deposição. Para tanto foi estabelecida a Central de Resíduos em uma área próxima à empresa na qual, além de serem armazenados de forma individualizada, os resíduos reclináveis (lodo, dregs e grits e casca de eucalipto) possam com o passar do tempo, serem processados para reutilização.

Para tanto foi contratada a assessoria de uma firma especializada - TECNOLOGIA CONVIVIAL - com um programa, já em desenvolvimento, que tem por objetivo o processamento dos resíduos - compostagem do lodo e casca de euca

lipto e secagem da mistura dregs e grits - para capacitação destes materiais aos diversos usos propostos. No momento a infraestrutura necessária para a operacionalização deste processo (galpões, utilidades, etc) está em implantação. Com isto visa-se criar condições para a posterior comercialização dos diversos produtos obtidos a partir dos resíduos: adubos organo-minerais, biofertilizantes e corretivos, materiais de grande valia para a agricultura pelo fato de proporcionarem o reestabelecimento do equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, consequentemente, o desenvolvimento sadio da vegetação.

8. Comentários e conclusões

O trabalho de avaliação e valorização dos resíduos, pelo fato de ser uma atividade dinâmica, está em pleno desenvolvimento e evolução. A utilização de alguns resíduos dentro do próprio processo produtivo - área de fabricação e florestal - e a transferência de outros resíduos para utilização externa à empresa, significam um grande passo dentro de um programa de racionalização. Acrescido a isto, com o pleno funcionamento da Central de Resíduos, certamente se alcançará uma situação na qual somente poderá ser denominada como material inútil uma fração mínima de resíduos. Desta forma, materiais que anteriormente apenas significavam custos passam a se caracterizar como bens produtivos e a empresa não somente resolve o seu problema em relação aos resíduos gerados, como obtém ainda, benefícios diretos para si, para a comunidade e, sem dúvida alguma, para o meio ambiente.

9. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos os funcionários da Riocell S. A. que, direta ou indiretamente participam nos diversos setores apresentados, em especial os funcionários ligados à fabricação e produção, pesquisa florestal e pesquisa de qualidade, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

10. Fontes de referência

BRASIL - Ministério da Agricultura. Laboratório Regional de Apoio Vegetal - Sul. Setor de Resíduos de Agrotóxicos. Relatório de Análise de lodo. 07-01.1988.

CETESB - Teste de Toxicidade Aguda: Spirillum volutans e sistema Microtox. São Paulo, 16.11.1987.

- Teste de Mutagenicidade: teste de Ames. São Paulo, 16.11.1987.

- Avaliação de Toxicidade a curto prazo: efeito agudo a Daphnia similis. São Paulo, 15.01.1988.

- Avaliação de Toxicidade a Organismos Aquáticos: Ceriodaphnia dubia. São Paulo, 12.07.1988.

GALLARDO, V. R. B. Alimentação de tilápias com lodo e ração. Guaíba, Riocell, 1988. 5p. (Nota técnica SPQ 129) circulação interna.

GALLARDO, V. R. B.; STEINER, C. Avaliação dos efeitos do efluente tratado com Oerochromis niloticus (Tilápia do Nilo) em Bioensaio de Fluxo Contínuo. Guaíba, Riocell, 1988. 6p. (Relatório técnico SPQ 237) circulação interna e SSMA-DMA-RS.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Certificados nºs 741904; 741905; 741906; 705712.

RIO GRANDE DO SUL. UFRGS. LABORATÓRIO DE SOLOS. Laudos nºs:KK-257/21; Z-152/13; A-119/87.

STEINER, C.; GALLARDO, V. R. B.; HERRERA, J., Avaliação Toxicológica do lodo e efluente hídrico. Guaíba, Riocell, 1988. 20p.(Relatório técnico SPQ 247) Circulação interna.

STEINER, C. Avaliação preliminar do desenvolvimento de minhocas Eisenia foetida no lodo. Guaíba, Riocell, 1988. 5p.(Nota técnica SPQ-126) Circulação interna.

WALDEMAR, C. C.; HERRERA, J. Avaliação do potencial de utilização do "Dregs" e do "Grits" como corretivo de acidez e fertilizante na agricultura. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 19., São Paulo, 1986. Trabalhos técnicos. São Paulo, ABCP, 1986.

ZANELLA, C. C. Efeitos do lodo. Guaíba, Riocell, 1987. 45p.(Relatório técnico SPQ-206) Circulação interna.