

ANA CLAUDIA CENDOFANTI

**MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE UM PROCESSO DE CARVÃO
ATIVADO E DE GOMA RESINA**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Recursos Hídricos e
Ambiental, Setor de Tecnologia,
Universidade Federal do Paraná .**

Orientador: Prof. Dr. Uivald Pawlowsky

CURITIBA

2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Urivald Pawlowsky, pelo apoio e pela prestativa orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr. Vsévolod Mymrine pelo apoio no desenvolvimento de meus estudos de briquetagem.

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, pela oportunidade oferecida.

Ao LACTEC, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus colegas de curso, pela cooperação amiga.

Ao Casagrande e a Dirce pela especial colaboração para este trabalho.

À Divisão de Biocombustíveis do Instituto de Tecnologia do Paraná- TECPAR, pela realização da análise.

Ao meu marido pela dedicação, compreensão e carinho com que sempre me apoiou.

À minha família e aos meus amigos, pelo incentivo e confiança.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

E a Deus pelo dom da vida e da perseverança.

Agradeço.

Se queremos progredir, não devemos repetir a história,
mas fazer uma história nova.

(Mahatma Gandhi)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	vix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	01
OBJETIVOS.....	02
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 POLUIÇÃO INDUSTRIAL.....	03
2.2 RESÍDUOS.....	03
2.3 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS.....	04
2.3.1 Benefícios da minimização de resíduos.....	05
2.3.2 Metodologias de minimização de resíduos.....	07
2.3.3 Barreiras na implantação de um programa de minimização de resíduos.....	09
2.4 CARVÃO ATIVADO.....	10
2.4.1 Adsorção.....	11
2.4.2 Tipos de carvão ativado.....	12
2.4.3 Aplicações do carvão ativado.....	14
2.4.4 Processos de produção de carvão ativado.....	16
2.5 GOMA RESINA.....	18
2.5.1 Resinagem.....	20
2.5.2 Composição da resina.....	22
2.5.2.1 Terebintina.....	22
2.5.2.2 Breu.....	23
2.6 MODELO MATEMÁTICO DE PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS.....	24

2.6.1	Análise do resíduo por valor.....	26
2.6.2	Análise do resíduo por risco.....	29
2.6.3	Análise do resíduo por facilidade de minimização.....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	31
3.2	LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	32
3.2.1	Fluxograma do setor 01- ativação física.....	33
3.2.1.1	Recebimento e estocagem das matérias-primas.....	34
3.2.1.2	Secagem das matérias-primas cruas.....	34
3.2.1.3	Alimentação dos fornos.....	35
3.2.1.4	Ativação física.....	35
3.2.1.5	Peneiramento.....	36
3.2.2	Fluxograma dos setores 02 e 03 - beneficiamento.....	37
3.2.2.1	Carvão ativado pulverizado.....	37
3.2.3	Setor 03 lavado/impregnado.....	38
3.2.3.1	Carvão ativado granulado.....	38
3.2.4	Unidade de processamento da goma-resina.....	39
3.2.4.1	Setor 01 – goma resina.....	39
3.2.4.2	Fluxograma do setor 01.....	40
3.2.4.1.1	Descrição do processamento da goma resina.....	41
3.2.5	Setor 02- Estação de tratamento de efluentes de resinagem.....	43
3.2.5.1	Fluxograma do setor 02.....	43
3.2.5.2	Descrição da estação de tratamento de efluentes da resinagem.....	44
3.2.6	Quantificação dos resíduos.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1	CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	49

4.2 PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS UTILIZANDO O MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO POR CERCAL.....	52
4.2.1 Análise dos resíduos por valor.....	52
4.2.2 Análise dos resíduos por risco.....	57
4.2.3 Análise dos resíduos pela facilidade de minimização	61
4.3 SELEÇÃO DOS RESÍDUOS PRIORITÁRIOS.....	65
4.4 PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS....	69
4.4.1 Alternativa para os finos de matéria-prima.....	69
4.4.2 Alternativa para os barriletes.....	73
4.4.3 Alternativa para embalagens plásticas.....	73
4.4.4 Alternativa para os finos do ativado	74
4.4.5 Alternativa para as cinzas dos fornos e do secador.....	74
4.4.6 Alternativa para o pó do beneficiamento e da embalagem.....	75
4.4.7 Alternativa para a mistura de pó e areia.....	76
4.4.8 Alternativa para embalagens de papel.....	76
4.4.9 Alternativa para os barbantes.....	77
4.4.10 Alternativa para os sacos plásticos.....	77
4.4.11 Alternativa para a água do lavador.....	77
4.4.12 Alternativa para os tambores metálicos.....	78
4.4.13 Alternativa para os plásticos com goma.....	78
4.4.14 Alternativa para as acículas com goma.....	79
4.4.15 Alternativa para os arames.....	80
4.4.16 Alternativa para o papel fitro com goma, cartuchos 5 e 10 com goma.....	81
4.4.17 Alternativa para as cascas de <i>pinus</i>	81
4.4.18 Alternativa para a mistura de cal e polímero.....	82
4.4.19 Alternativa para o pó do ativado peneiramento.....	82

CONCLUSÕES.....	84
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

01	Hierarquia das práticas de minimização de resíduos.....	5
02	Metodologia de implantação de um SMR.....	7
03	Microscopia eletrônica do carvão ativado.....	10
04	Carvão ativado granulado.....	13
05	Esquema de forno Lambiote construído na França utilizado na produção de carvão vegetal em processo contínuo.....	17
06	Fases da obtenção dos produtos resinosos.....	20
07	Canais resiníferos.....	21
08	Exsudação de uma árvore adulta.....	22
09	Breu	23
10	Fluxograma do setor 01- ativação física	33
11	Fluxograma dos setores 02 e 03- beneficiamento.....	37
12	Fluxograma do setor 01- processamento da goma resina.....	40
13	Fluxograma do setor 02 – ETE.....	43
14	Estudo de identificação/quantificação.....	45
15	Ficha de caracterização do resíduo.....	46
16	Briquetadeira de pistão mecânico.....	70
17	Briquetadeira de rosca sem fim importada da Itália.....	70
18	Briquete feito em laboratório.....	71
19	Calorímetro	72
20	Acículas	80
21	Cascas de <i>pinus</i>	82

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

EPA	Environmental Protection Agency
CAP	Carbono (ou carvão) ativado pulverizado
CAG	Carbono (ou carvão) ativado granulado
ASTM	Society for Testing Materials American
ETE	Estação de tratamento de efluentes
TECPAR	Instituto de Tecnologia do Paraná
CEPEVIL	Central de Processamento Energético Vitória
CECAE	Coordenadoria Executiva de Cooperação Universitária e de Atividades Especiais
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CST	Companhia Siderúrgica de Tubarão
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
SEMA	Secretaria Estadual de Meio ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
UNEP	United Nations Environment Programme
PMR	Programa de Minimização de Resíduos
SMR	Sistema de Minimização de Resíduos
NBR	Norma Brasileira

Variáveis do Modelo Matemático

W_{Total}	Quantidade total do resíduo
p	Número de produtos analisados simultaneamente
e	Número de equipamentos onde o resíduo é gerado
m	Número de materiais que compõem o resíduo
d	Número de destinações finais dadas ao resíduo
Π	Classificação do resíduo conforme a periculosidade

Ω	Relação do resíduo com o processo
$\$^+_i$	Valor unitário do material genérico “i”
$\Delta\$\%_i$	Alteração percentual admissível para o valor do material genérico “i”
X_{ijk}	Percentual do material genérico “i” na composição do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
Y_{hjk}	Percentual do total de resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a disposição genérica “h”
Z_{jk}	Percentual do total de resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
W_k	Percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico “k”
$\$^-_{Bhjk}$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a disposição genérica “h”
$\$^-_{Thjk}$	Custo unitário de transporte do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a disposição genérica “h”
$\$^-_{TDhjk}$	Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a disposição genérica “h”
$\$^-_{GPhjk}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a disposição genérica “h”
$\$^+_{Rhjk}$	Retorno obtido por destinar o resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, à disposição genérica “h”
$D^{S/N}_{\$^+}$	Calcula $\$^{+?}$
$D^{S/N}_{\$^-B}$	Calcula $\$^-_B?$
$D^{S/N}_{\$^-T}$	Calcula $\$^-_T?$
$D^{S/N}_{\$^-TD}$	Calcula $\$^-_{TD}?$
$D^{S/N}_{\$^-GP}$	Calcula $\$^-_{GP}?$
$D^{S/N}_{\$^+R}$	Calcula $\$^+_R?$
$\$^+$	Valor unitário do resíduo, ponderado entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise

$\Delta S^{\%}$	Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo, ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$^{-}_B$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo ponderado conforme as disposições dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$^{-}_T$	Custo unitário de transporte do resíduo ponderado conforme as disposições dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$^{-}_{TD}$	Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo ponderado conforme as disposições dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$^{-}_{GP}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo ponderado conforme as disposições dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$^{+}_R$	Retorno obtido ponderado conforme as disposições do resíduo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
$\$'$	Valor unitário do resíduo não corrigido
ξ	Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduos (IPHMR)
ξ_B	Base do IPHMR, ponderada entre todos os equipamentos onde o resíduo é gerado e para todos os produtos considerados para análise
ξ_{Bh}	Base do IPHMR da classe a que pertence a disposição genérica “h”
K_{jk}	Fator de constância do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
K	Constância do resíduo ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para a análise
δ^{+}	Fator de correção para valores positivos do resíduo
δ^{-}	Fator de correção para valores negativos do resíduo
$\$$	Valor unitário do resíduo corrigido
$\$_{Total}$	Valor total do resíduo corrigido
Q	Número de perguntas para análise por riscos cuja resposta é “Em potencial”

Q_{jk}	Peso da pergunta da análise por riscos no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
R	Risco global do resíduo
f	Número de perguntas da análise por facilidade de minimização
F_{jk}	Peso da pergunta da análise por facilidade de minimização do resíduo no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
CM_{jk}	Custo para minimizar a geração do resíduo proveniente do equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
F	Facilidade de Minimização global do Resíduo

LISTA DE TABELAS

01 Características das classes de disposição de resíduos.....	26
02 Equações para a análise de valor.....	27
03 Análise do resíduo por valor: parâmetros matemáticos gerais.....	28
04 Análise do resíduo por valor: parâmetros matemáticos das classes de disposição.....	28
05 Equações para a análise de valor.....	29
06 Análise do resíduo por risco: parâmetros matemáticos.....	29
07 Análise do resíduo por facilidade de minimização: questões e parâmetros matemáticos.....	30
08 Equações para a priorização dos resíduos.....	31
09 Codificação e identificação dos resíduos.....	50
10 Quantidade de resíduos encontrados por setor.....	52
11 Relação entre classes de destinação e número de resíduos.....	53
12 Análise dos resíduos por valor: caracterização dos resíduos e seus parâmetros matemáticos.....	54
13 Análise dos resíduos por valor: resultados.....	56
14 Análise dos resíduos por riscos: respostas as perguntas de análise.....	58
15 Análise dos resíduos por riscos: valores atribuídos e resultados de análise.....	60
16 Análise dos resíduos por facilidade de minimização: respostas as perguntas de análise.....	62
17 Análise dos resíduos por facilidade de minimização: cálculo dos parâmetros e resultado de análise.....	64
18 Comparação entre os resíduos: análise por valor, análise por risco análise por facilidade de minimização	66

19	Comparação entre os dez resíduos prioritários da análise por valor com as análises: por facilidade de minimização e por risco.....	67
20	Resíduos prioritários selecionados.....	68

RESUMO

As indústrias, quer seja por responsabilidades legais, por fatores econômicos de mercado ou por marketing ecológico necessitam desenvolver cada vez mais técnicas de minimização de resíduos e um sistema de gerenciamento ambiental eficaz. Faz-se necessário, portanto, estudos a fim de permitir o desenvolvimento e aprimoramento de ferramentas gerenciais eficientes de priorização de resíduos.

Este trabalho de pesquisa consiste na utilização do modelo matemático de priorização de resíduos desenvolvido por CERCAL (2000) para o estudo de alternativas de minimização de resíduos em duas unidades produtivas: a produção de carvão ativado e o processamento de goma resina. O modelo de CERCAL (2000) analisa os resíduos sob três enfoques: valor econômico, facilidade de minimização e risco ambiental.

Foram levantados quarenta e três resíduos nas duas unidades e destes os dezoito mais prioritários foram estudados quanto as suas alternativas de minimização.

Palavras chaves: minimização de resíduos, priorização, modelo matemático, carvão ativado, goma resina.

ABSTRACT

Nowadays industries must, for various reasons, such as legal responsibilities, economical factors of the market or for ecological marketing, create techniques for the minimization of wastes and efficient system of environmental management. Studies have become necessary to allow the development and elaboration of efficient management tools for prioritization of wastes.

This research study consists in the use of a mathematical model for prioritization of wastes developed by CERCAL (2000) for the study of alternatives for minimization of wastes in two productive units: production of active carbon and the processing of gum resin. The CERCAL (2000) model analyses the wastes in three aspects: economic value, ease of minimization and environmental risk.

Forty-three wastes were raised in the two units and of these, the nineteen most important were studied for alternatives of minimization.

Key words: minimization of wastes, prioritization, mathematical model, active carbon, gum resin.

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial proporcionou uma expansão abrupta da economia mundial e uma grande facilidade na obtenção de bens manufaturados a preços mais baixos. Essa facilidade incrementou o consumo dos recursos naturais renováveis e não renováveis e iniciou um processo de desequilíbrio no ecossistema natural.

Somente no fim do último milênio a humanidade começou a se preocupar com a futura escassez desses recursos. Entre 1970 e 1990 a população mundial cresceu 18 % e o lixo produzido aumentou 25% (PRADO, 2002). Esta disparidade se dá devido ao desenvolvimento de novas tecnologias e o aumento do consumo de produtos industrializados (CAVALCANTE, 2002).

A tecnologia induziu a uma cultura de consumismo exarcebado e dentro deste contexto, CAPRA (1982), alerta quanto ao grande impacto causado ao meio ambiente, em função do excessivo desenvolvimento de nossa tecnologia – ruídos irritantes, ar poluído, poluentes químicos, riscos de radiação e outros fatores de estressamento físico e psicológico, atribuindo a essa mesma tecnologia a causa da perturbação dos processos ecológicos que sustentam o ambiente natural.

Por outro lado, as indústrias, principais geradoras do consumismo desenfreado, em um mundo já globalizado e sem fronteiras tecnológicas estão sofrendo pressão para gerar seus produtos de forma mais eficiente ecologicamente. Em contrapartida estas empresas precisam fabricar a custos menores para manter-se competitivas no mercado mundial. O paradoxo de custo menor e da diminuição da geração de resíduos e poluentes torna-se hoje o grande impasse dentro de uma indústria. Conceitos como: o desempenho ambiental, desenvolvimento sustentável, certificações ambientais (como a ISO 14.000), selo verde, reciclagem e minimização de resíduos tornam-se foco de estudo e implementação na tentativa de resolver os problemas gerados pelo crescimento industrial.

O presente trabalho apresenta o estudo de minimização de resíduos em duas unidades industriais: produção de carvão ativado e processamento de goma resina aplicando-se o modelo matemático de priorização de resíduos de CERCAL (2000). Com isto pretende-se despertar um interesse maior pela exploração de alternativas de minimização de resíduos fazendo-se uso de uma ferramenta matemática importante que precisa ser difundida na tentativa de melhorar os sistemas de gerenciamento de resíduos existentes. A minimização de resíduos focaliza o problema de modo a evitar que um determinado resíduo seja gerado ou que pelo menos seja gerado na menor quantidade possível sem afetar a qualidade do produto final.

O uso de programas de produção mais limpa, minimização de resíduos ou gestão ambiental auxiliam as empresas a cumprirem as necessidades ambientais de um desenvolvimento sustentável, ou seja, atingir metas econômicas e de produção, afetando minimamente o meio ambiente (SENAI, 2001).

OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi estudar um projeto de minimização dos resíduos gerados pelo processo produtivo de uma fábrica de carvão ativado e de goma resina, reduzindo assim os poluentes gerados.

Os objetivos específicos consistiram em :

- conhecer o processo produtivo de uma indústria de carvão ativado e de goma resina,
- elaborar um fluxograma indicando as etapas do processo onde haja a geração de resíduo,
- levantar e caracterizar os resíduos produzidos,
- definir os resíduos prioritários utilizando um modelo matemático,
- avaliar as possibilidades de minimização dos resíduos prioritários e
- apresentar a empresa sugestões para a realização da mesma.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 POLUIÇÃO INDUSTRIAL

Desde a Revolução Industrial, o uso de matéria-prima e de energia associados à geração de resíduos provenientes das atividades humanas tem aumentado significativamente (ZBONTAR e GLAVIC,2000; LEROY, 2001; MELLOR et al., 2002). A geração de resíduos e o consumo de energia é maior hoje do que há dez anos atrás, comparando-se a geração /consumo per capita e não apenas o consumo propriamente dito (HENNINGSSON, SMITH e HYDE, 2001). As ações humanas não podem ser vistas apenas no momento em que ocorrem, mas também deve-se conhecer quais foram as suas influências no passado e refletir sobre as suas conseqüências no futuro (SZERSZYNSKI, 2002).

Os impactos ambientais gerados por uma empresa ocorrem nos níveis: uso do solo, na saúde humana, diversidade biológica e ecológica (TIBOR e FELDMAN, 1996). Extrapolando esta questão para as demais atividades humanas tem-se outros impactos ambientais como: o aterramento de rios, riachos e lagoas; o desmatamento; a impermeabilização do solo; as modificações nos ecossistemas, as alterações de caráter global (efeito estufa, destruição da camada de ozônio) e a poluição ambiental propriamente dita (MOTA, 1999).

2.2 RESÍDUOS

CRITTENDEN e KOLACZOWSKI (1995) definem resíduos como qualquer substância que seja “o resto”, efluente ou sub-produto indesejável de um processo, ou também, uma substância ou artigo que necessite ser disposto depois de: quebrado, aquecido, contaminado ou utilizado. Esta definição inclui então:

- resíduos líquidos e sólidos de um processo;

- materiais contaminados;
- produtos fora do padrão;
- descartes acidentais;
- materiais associados à limpeza;
- vazamentos e
- descargas gasosas (CRITTENDEN e KOLACZOWSKI, 1995).

FURTADO et al. (1998) diz que o termo resíduo é usado para caracterizar todo e qualquer tipo de materiais (líquidos, sólidos ou gasosos) que não representem o produto-fim do sistema de manufatura industrial. Assim os resíduos poderão:

- estar ou não previstos no processo de manufatura industrial;
- ser ou não gerados ou despejados durante o processo ou
- ser ou não utilizados como parte do produto-fim da empresa.

O termo resíduo engloba, de acordo com FURTADO et al. (1998), a energia entrópica, as dissipações, perdas de calor e outros fatores de ineficiência termodinâmica do sistema de manufatura.

2.3 MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

A minimização de resíduos inclui qualquer prática, ambientalmente segura, de redução na fonte, reuso, reciclagem e recuperação de materiais e/ou do conteúdo energético dos resíduos, com a finalidade de reduzir e quantidade ou volume dos resíduos a serem tratados e adequadamente dispostos (QUARESMA, 2000).

A Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (Environmental Protection Agency- EPA), definiu a minimização como toda a ação tomada para reduzir a quantidade e/ou toxicidade dos resíduos que requerem disposição final (EPA, 1988). A minimização de resíduos resulta da combinação de conservação de matérias-primas, água e energia, eliminação de materiais tóxicos e perigosos e a redução de quantidade e/ou toxicidade de todas as emissões, sejam elas líquidas, sólidas ou

atmosféricas do processo produtivo (UNEP, 2000).

De acordo com CRITTENDEN e KOLACZOWSKI (1995) pode-se definir uma hierarquia para a minimização de resíduos como apresentada na Figura 01.

Eliminação	Completa eliminação de resíduos, geralmente dentro de cada unidade de produção. Traz mudanças nos processos e procedimentos industriais.
Reciclagem	O uso, reuso e reciclagem de resíduos para o propósito de origem ou para outro propósito como matéria-prima, material recuperado ou produção de energia.
Tratamento	A destruição, desintoxicação, neutralização, etc, dos resíduos em substâncias menos poluentes.
Disposição	A descarga de resíduos no ar, água, ou descarte apropriadamente controlados e seguros a fim de torná-los menos poluentes. Locais de disposição seguras podem envolver redução de volumes, encapsulação, dissolução de substâncias e técnicas de monitoramento.

FIGURA 1 – HIERARQUIA DAS PRÁTICAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS
FONTE: CRITTENDEN E KOLACZOWSKI (1995)

2.3.1 Benefícios da minimização de resíduos

CRITTENDEN e KOLACZOWSKI (1995), citam os seguintes benefícios da minimização de resíduos:

- redução de custos de monitoramento, controle, tratamento e gerenciamento de resíduos;
- redução de custos administrativos relacionados ao gerenciamento de resíduos;
- redução de custos de tratamento, estocagem, transporte e disposição de resíduos;
- redução do consumo de matérias-primas, insumos e utilidades;

- redução de riscos de saúde e segurança dos funcionários relacionados a resíduos perigosos;
- redução do risco ambiental;
- maior facilidade na obtenção de licenças e financiamentos;
- melhoria na eficiência e rentabilidade do processo, e
- melhoria da imagem pública da empresa.

Além destas vantagens, pode-se incluir o cumprimento da legislação vigente que é considerada como de fundamental importância (BAPTISTA, ZENY e MACHADO, 2000; HOLT, PHILIPS e BATE, 2000; MATOS e SCHALCH, 2000; ZBONTAR e GLAVIC, 2000).

Outro tópico importante é a produção mais limpa que tem como prioridade a prevenção à poluição sendo esta uma estratégia que visa a melhoria na eficiência de produtos e processos tornando-os ambientalmente corretos (BAPTISTA, ZENY e MACHADO, 2000).

CETESB (2003) citado por SOUZA (2005) menciona que a Prevenção à Poluição (P2) ou Redução na Fonte, refere-se a qualquer prática, processo, técnica ou tecnologia que vise à redução ou eliminação em volume, concentração e/ou toxicidade dos resíduos na fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, nos processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matéria-prima e melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da entidade/empresa, resultando em aumento de eficiência no uso dos insumos (matérias-primas, energia, água, etc.). Diante disso os conceitos de produção mais limpa e minimização de resíduos tornam-se mais próximos e podem ser consideradas complementares.

2.3.2 Metodologias de minimização de resíduos

Várias são as metodologias utilizadas para a minimização de resíduos. CRITTENDEN e KOLACZOWSKI (1995, p 16), por exemplo, resumem em sete as fases correspondentes à metodologia de implantação de um Sistema de Minimização de Resíduos (SMR), conforme a Figura 02.

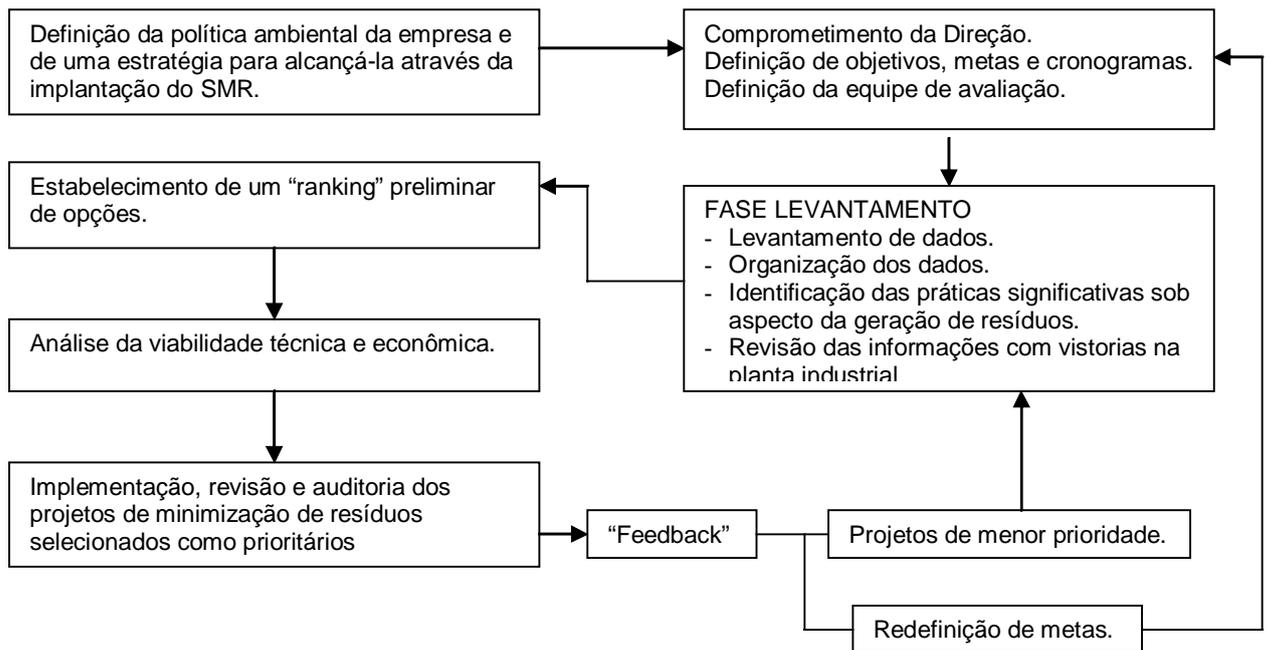


FIGURA 02 – METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SMR

Para MATOS e SCHALCH (2000) e para WEI e WEBER (1996) a metodologia de minimização de resíduos envolve as seguintes etapas: planejamento, que abrange a definição dos objetivos e metas; o desenvolvimento, contendo o levantamento de dados e a indicação das alternativas de minimização; elaboração de considerações ambientais, técnicas e econômicas, e por fim, sugestões de alternativas de minimização.

A metodologia proposta pela Environmental Protection Agency consiste em três etapas: planejamento, levantamento de dados e elaboração das estratégias de minimização (EPA, 1988).

O presente trabalho adotou a metodologia um Programa de Minimização de Resíduos (PMR), proposta por LEITE e PAWLOWSKY (2002). Esta metodologia é composta por seis etapas, sendo elas:

1. Planejamento;
2. Levantamento de dados;
3. Priorização de resíduos;
4. Elaboração de medidas de minimização de resíduos
5. Aplicação de medidas de minimização e
6. Monitoramento do PMR (LEITE e PAWLOWSKY, 2002).

Cada etapa possui características e objetivos diferentes. Na etapa de planejamento devem ser definidos os objetivos e metas do programa de minimização dos resíduos, e também deve ocorrer a sensibilização e o envolvimento de todos os funcionários da empresa (LEITE e PAWLOWSKY, 2002).

No levantamento de dados deve-se ter uma estratégia de investigação para a identificação do problema, conhecendo-se o fluxograma do processo, as matérias-primas, os insumos consumidos e os produtos fabricados (LEITE e PAWLOWSKY, 2002). Nesta etapa a exatidão de dados é muito importante, porém estimativas podem ser usadas desde que bem justificadas (SCHIANETZ, 2000).

A terceira etapa é a priorização de resíduos e, alguns autores como, CERCAL (2000) e MELLOR et al.(2002), propõem o uso de modelos matemáticos que consideram a classificação do material, custos econômicos relacionados aos mesmos, a unidade funcional de geração, balanços de massa, propriedades do material e impactos ambientais.

Já a quarta etapa trata da elaboração de medidas de minimização dos resíduos aonde devem ser observadas as medidas gerais, mudanças no processo industrial e a utilização de processos de reaproveitamento (LEITE e PAWLOWSKY, 2002).

Para a aplicação de medidas de minimização deve-se partir das alternativas existentes para a minimização dos resíduos e escolher aquelas que apresentem uma maior vantagem ambiental, ou seja, que respeitem a hierarquia de minimização de resíduos e que não gerem gastos exagerados na sua implantação, e desta forma, proporcionem uma relação custo benefício lucrativa para a empresa (LEITE, 2003). É de suma importância avaliar as causas sociais dos problemas ambientais, a reação da sociedade frente a esses problemas e também deve ocorrer o desenvolvimento de estratégias sociais e políticas para abordar e resolver estes problemas (LEROY, 2001)

Por fim o programa de minimização de resíduos deve ser monitorado, a fim de que se avalie a efetividade das ações tomadas e busque sempre a melhoria contínua do processo observando sempre as novas possibilidades de minimização.

2.3.3 Barreiras na implantação de um programa de minimização de resíduos

Alguns problemas dificultam a implantação de um Programa de Minimização de Resíduos. RETTA (1999) cita como principais:

- As empresas tem receio de investir em técnicas de minimização, por desconhecer as vantagens econômicas e ambientais;
- escassez e, por vezes inexistência, de laboratórios especializados em medir a poluição gerada e controlar parâmetros e processos nas empresas;
- Ausência de uma Política Nacional de Minimização de Resíduos que ampare as empresas, fornecendo detalhes e orientações de como agir;
- muitas tecnologias ainda são obsoletas e a mudança para tecnologias mais modernas seria dispendiosa e
- dificuldade das empresas em trocarem informações e vivências.

2.4 Carvão ativado

Carvão ativado ou carvão poroso é o nome dado a materiais carbonáceos que possuem grande capacidade de adsorção, conferida pelo elevado volume dos poros, e, portanto, elevada área específica (RODRIGUEZ-REINOSO et al., 1984).

A área específica dos carvões ativados pode variar entre 500 e 3000 m²/g, dependendo do tamanho e da distribuição dos poros no material (BYRNE; MARSH, 1995). Esta área superficial interna é desenvolvida durante o processo de produção pela oxidação de matérias voláteis, gerando vazios e formando assim, uma rede porosa que auxiliará na retenção da substância a ser adsorvida.

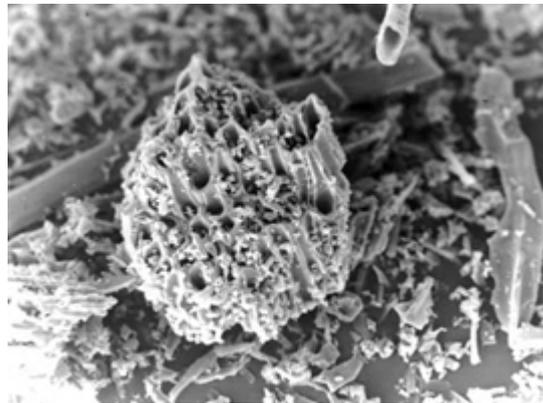


FIGURA 03 - MICROSCOPIA ELETRÔNICA DO CARVÃO ATIVADO
FONTE: PESQUISA DA AUTORA

Segundo o “Wastewater Engineering Treatment and Reuse” (METCALF & EDDY, 2003) os poros podem ser classificados em três grupos:

- Microporos: poros com larguras menores que 1 nm (10 Å);
- Mesoporos: poros com larguras entre 1 e 25 nm (10 e 250 Å) e
- Macroporos: poros com larguras superiores a 25 nm (250 Å).

Os macroporos de um carvão ativado apresentam a desvantagem de baixa capacidade de adsorção. Porém eles podem atuar como poros de transportes, permitindo a difusão de moléculas adsorptivas até os poros menores (meso e microporos), no interior da partícula de carvão. Os mesoporos, como ramificações dos

macroporos, servem de passagem para os microporos na adsorção, além de atuarem como poros onde a condensação capilar pode ocorrer (WIGMANS, 1983).

Os microporos são de elevada importância no processo de adsorção, pois possuem grande área superficial e, conseqüentemente, uma maior capacidade de adsorção. Os microporos contribuem com aproximadamente 95% do total da área superficial de um carvão ativado (WIGMANS, 1983).

O desenvolvimento da estrutura porosa de um carvão ativado depende da matéria-prima usada para a sua preparação, do método de ativação e da extensão da ativação. Esta é a razão pela qual a área superficial ou o volume dos poros do carvão ativado pode variar tão intensamente de um tipo para outro (RODRIGUEZ-REINOSO, 1995). Assim, a estrutura porosa de um carvão está intrinsecamente ligada à sua aplicação.

Os materiais utilizados para a produção de carvões ativados são, na sua grande maioria, de origem vegetal, como casca de coco, madeira, turfa, carvão, caroço de frutas, casca de arroz, dentre outros (LEÃO, 1986 e DERBYSHIRE et al., 1995). A escolha do material é determinada pela qualidade do carvão desejado e de suas propriedades de adsorção. No Brasil, os carvões ativados são produzidos de matérias-primas vegetais tais como: cascas de coco (babaçú, dendê, coco da Bahia, macaúba, entre outros), caroço de pêssego, nó de pinho e madeiras em geral (Pinus, eucalipto, peroba, acácia, bracatinga, etc.) (PEDRUSSI, 1987).

2.4.1 Adsorção

Adsorção é um fenômeno de atração de natureza eletro e eletromagnética que ocorre entre duas moléculas, isto é, entre um adsorvente sólido (como o carvão ativado) e um adsorbato líquido ou gasoso que são as impurezas a serem adsorvidas de forma seletiva pelo carvão ativado.

As aplicações industriais do carvão ativado fundamentam-se nesta propriedade, para fase líquida ou gasosa.

Na adsorção ocorre uma acumulação de moléculas (soluto) sobre a superfície do adsorvente. Quando o carvão ativado é colocado em contato com o soluto, há um decréscimo de sua concentração na fase líquida e um aumento correspondente sobre a superfície do carvão ativado, até se obter uma condição de equilíbrio (GOLIN, 2002).

A capacidade adsorvente depende da distribuição e volume de poros e também da superfície. Estes são importantes para controlar o acesso das moléculas do adsorbato para a superfície interna do carvão ativado.

A adsorção física do carvão ativado é o resultado de forças atrativas chamadas “Van der Waals”. A adsorção é dita química quando ocorre o compartilhamento ou a troca de elétrons entre o adsorbato e o adsorvente, ocorrendo uma ligação química.

Na adsorção em fase líquida as moléculas aderem fisicamente sobre o adsorvente através destas forças relativamente fracas, que são as mesmas responsáveis pela liquefação e condensação de vapores quando no caso da adsorção em fase gasosa. No caso de adsorção física, a natureza do adsorvente não é alterada.

A reversibilidade da adsorção física depende das forças atrativas entre o adsorbato e o adsorvente. Se estas forem fracas, a dessorção ocorre com certa facilidade. No caso de adsorção química, as ligações são mais fortes e energia seria necessária para reverter o processo.

Além da característica do adsorvente e adsorbato, a natureza da fase líquida como pH, viscosidade, temperatura, tempo de contato, podem afetar a adsorção de modo significativo.

2.4.2 Tipos de carvão ativado

Os carvões ativados são classificados em duas formas físicas: os

pulverizados e os granulados. Os carbonos ativados pulverizados (CAP) possuem tamanho predominantemente menor que a malha 80 mesh (ASTM = 0,18 mm de abertura) e os carbonos ativados granulados (CAG) tamanho maior que a mesma malha. Estes carvões diferem em suas características físicas, dentre elas, volume dos poros, área superficial e distribuição de tamanho de poros (JORDÃO, 1977).



FIGURA 04 – CARVÃO ATIVADO GRANULADO
FONTE: PESQUISA DA AUTORA

Esses dois diferentes tipos de carvão ativado encontram grande aplicação industrial. O carvão ativado pulverizado, na forma de pó, é empregado no tratamento em meio líquido, para remoção de cor, cheiro, gosto e outras impurezas, e o carvão ativado granulado é adequado para a adsorção de gases (WIGMANS, 1983).

Na adsorção em fase líquida, o carvão pulverizado é misturado ao líquido a ser purificado, e, após a adsorção das impurezas, pode ser facilmente removido por centrifugação, filtração, decantação ou pela combinação destes. São mais indicados para casos em que dosagens variadas são requeridas. Quando há variações no processo existem dificuldades operacionais para a sua utilização em colunas e a sua regeneração não é indicada (GOLIN, 2002). Carvões em pó possuem grande versatilidade, podendo ser utilizados em equipamentos como tanques, filtros e misturadores em uma mesma unidade para diferentes produtos. Esta flexibilidade já não existe para os carvões granulados (WIGMANS, 1983 e BANSAL et al., 1988). Para se obter melhor

aproveitamento do carvão ativado pulverizado, deve-se evitar a presença de substâncias coloidais, pois podem obstruir os poros ou os canais de passagem, reduzindo a eficiência de adsorção (GOLIN, 2002).

Os carvões granulados são utilizados para adsorção tanto em correntes líquidas quanto gasosas, visando a redução da perda de carga no leito. Porém, estes devem possuir uma boa resistência mecânica à compressão e à abrasão. Os carvões granulados são geralmente regenerados e reutilizados (WIGMANS, 1983 e BANSAL et al., 1988). Para se obter máxima eficiência do uso do carvão ativado granulado, recomenda-se observar as condições de projeto do filtro. Deve-se garantir que a coluna não opere com tempo de contato insuficiente, pois a adsorção não ficará completa. Além do mais, a vazão acima do valor especificado pelo projeto, pode acarretar em revolvimento inadequado do leito, favorecendo a formação de caminhos preferenciais. Quando isto ocorre, parte do fluido passa pela coluna de modo não uniforme, sem tempo para adsorção, prejudicando o bom desempenho do sistema (GOLIN, 2002).

2.4.3 Aplicações do carvão ativado

A utilização de carvões ativados com adsorventes data de milhares de anos, quando os Egípcios, por volta de 1550 a.C., empregavam o carvão de madeira para a purificação de água para fins medicinais (BYRNE & MARSH, 1995 e DERBYSHIRE et al., 1995). No entanto, em 3750 a.C., este já era utilizado na redução de cobre, zinco e estanho na manufatura de bronze, e também como combustível doméstico (DERBYSHIRE et al., 1995).

Um maior desenvolvimento de carvões ativados surgiu durante a 1ª Guerra Mundial, quando os carvões ativados granulados eram utilizados em máscaras de gás. No entanto, foram nos últimos 50 anos que a tecnologia de produção de carvões ativados evoluiu significativamente (BYRNE & MARSH, 1995).

DERBYSHIRE et al.(1995) enumeram as principais aplicações do carvão

ativado:

- Tratamento de água: muito utilizado pela alta capacidade de adsorção e seletividade. Adsorve compostos orgânicos tais como: detergentes, pesticidas, herbicidas, hidrocarbonetos poliaromáticos e traços de metais que conferem sabor e odor à água.
- Descolorante: largamente utilizado para a remoção de hidroximetilfurfural do açúcar, que lhe confere a cor. Também é utilizado na indústria alimentícia de forma geral.
- Recuperação de ouro: recentemente é utilizado para recuperar ouro na forma de $\text{Au}(\text{CNO})^{-2}$, a partir de seus minérios.
- Recuperação de solventes: utilizado com adsorvente de vapores orgânicos em vários segmentos industriais como: tintas, adesivos, polímeros e explosivos. O processo de adsorção/dessorção é usualmente cíclico, permitindo assim a recuperação de solventes do processo. As vantagens desta recuperação são: economia no processo, diminuição de riscos ambientais e redução da emissão de poluentes atmosféricos.
- Filtros de proteção: utilizados nas áreas industrial, nuclear e militar. Isto deve-se pela grande capacidade que o carvão ativado tem de adsorção de: cianeto de hidrogênio, arsênico, fosfina, sulfeto de hidrogênio, iodo radioativo, criptônio, xenônio e outros poluentes.
- Purificação de gases: utilizado como adsorvente de mercúrio, condicionadores de ar, dentre outros.

Outros autores citam os seguintes campos de aplicação:

- Separação de misturas gasosas para a purificação, tais como a remoção do dióxido de carbono de correntes de hidrogênio, oxigênio e nitrogênio do ar, argônio e oxigênio, dentre outras (SIRCAR et al., 1996).
- Estocagem de metano, gás natural e biogás pela sua alta capacidade de adsorção. A adsorção do carvão ativado é dez vezes maior que a bentonita e

quatro vezes maior que a zeólita 13X e é utilizado para a estocagem para transporte, estocagem de gás na indústria, estocagem em cilindros para a utilização veicular, dentre outras (GOLOVOY & BRALAW, 1983; BARTON et al., 1984; AINSCOUCH & DOLLIMORE, 1987; PEDRUSSI & SILVA, 1987; BeVIER et al., 1989; QUINN & MacDONALD, 1992 e PARKYNS & QUINN, 1995).

- Suporte de catalisadores: muito utilizado devido à sua área específica elevada, estabilidade térmica, propriedades mecânicas, além de proporcionar uma grande dispersão da fase ativa devido à sua estrutura porosa, como também alta resistência a envenenamento. Geralmente utilizado como suporte de metais como platina, ferro, níquel, cobalto, molibdênio e outros (FIGUEREDO & FERRAZ, 1982; FIGUEREDO et al., 1983; RODRIGUEZ-REINOSO, 1995). Também pode ser usado como suporte catalítico na produção de fósforo ou em refinarias como suporte no processo de tratamento de gasolina, ou na dessulfurização do gás natural (GOLIN, 2002).
- Adsorção de gases: a purificação de gases pode ser feita com carvão ativado. Quando se usa a adsorção física, os gases podem ser adsorvidos através da condensação capilar, com isso pode-se fazer a recuperação de solventes em gráficas que usam tinta de impressão à base de solvente, indústria de tintas, adesivos, têxtil. Também pode ser usado na purificação de gases, como por exemplo, gás carbônico (GOLIN, 2002).

2.4.4. Processos de produção de carvão ativado

O carvão ativado pode ser produzido por dois processos: ativação física e ativação química. Os produtos destes dois processos possuem características próprias com relação às forças de adsorção e, por esta razão, a combinação de diferentes métodos tem sido empregada em casos onde objetivam-se obter produtos com

propriedades bem específicas (HASSLER, 1963; REINOSO & SÁBIO, 1992).

A ativação pelo processo físico é basicamente um processo de oxidação do carvão. Ela consiste em submeter matéria-prima ao processo de carbonização e em seguida a uma gaseificação seletiva em atmosfera de vapor d'água, ar ou dióxido de carbono (CO_2) a elevadas temperaturas. A altas temperaturas os agentes oxidantes volatilizam os hidrocarbonetos superficiais que foram depositados na superfície do carvão, durante o processo de carbonização (JORDÃO, 1977). A concepção de um forno para o processo físico de ativação é semelhante ao funcionamento do forno Lambiote mudando a temperatura da zona B, conforme figura 05, para a faixa de 800°C a 1000°C e adicionando-se o agente ativante (vapor, por exemplo).

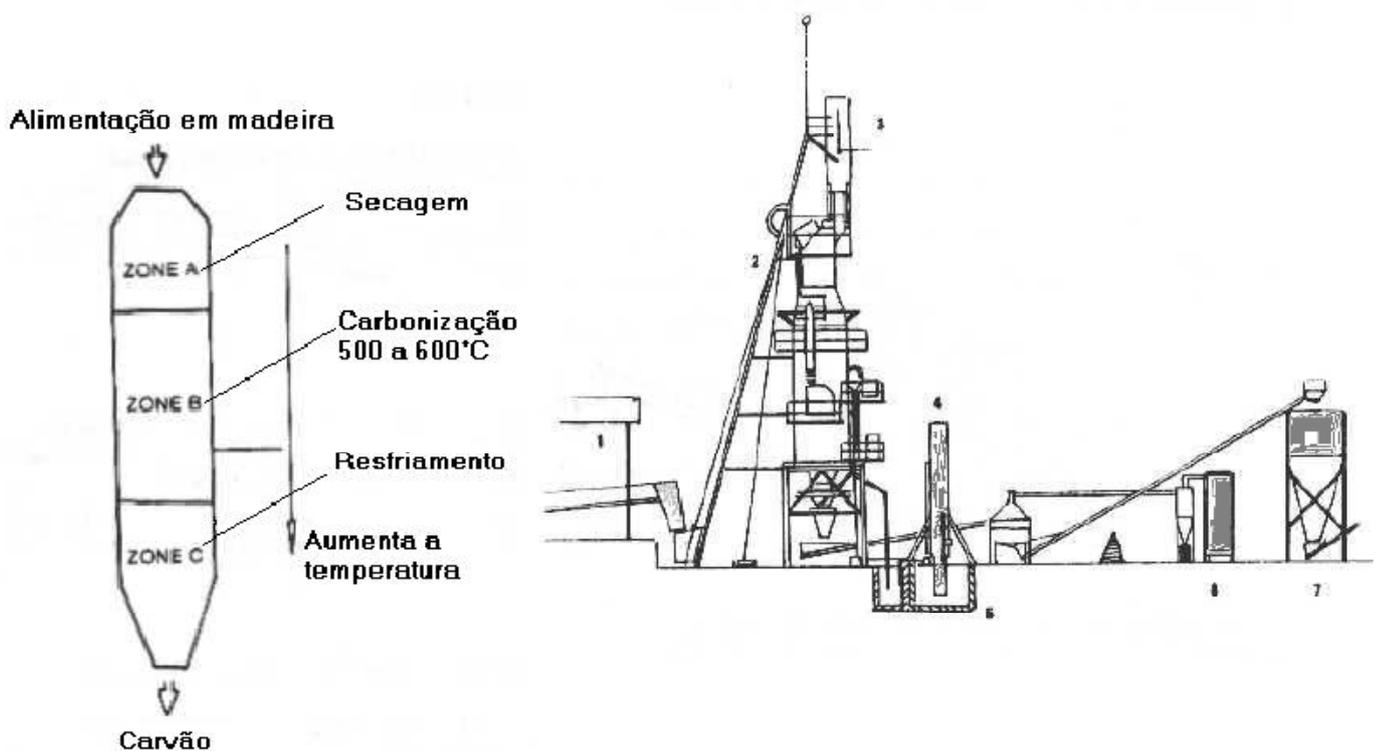


FIGURA 05 -ESQUEMA DE FORNO LAMBIOTE CONSTRUÍDO NA FRANÇA UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM PROCESSO CONTÍNUO
 FONTE: CTFT – CIRAD

Em processos industriais, a mistura de gases pode ser mais complexa (McENAMEY & MAYS, 1989 e DERBYSHIRE et al.,1995). A remoção de átomos

de carbono através da reação de gaseificação aumenta os diâmetros dos poros existentes, como também promove a formação de novos poros. Este efeito é mais acentuado para os microporos do que para os meso e macroporos .

A reação de ativação de carvão pode ser catalisada por sais de magnésio, cálcio e sódio, que eventualmente estejam presentes nas cinzas constituintes do produto do processo de carbonização. A presença e a concentração destes sais varia de acordo com o tipo de material utilizado (KAPTEIJN&MOULIJN, 1986 e PÉREZ-FLORINDO et al.,1993).

O controle da granulometria do produto final de ativação pode ser feito por moagem, aglomeração ou simplesmente classificação utilizando peneiras. O produto pode ser ainda lavado para a remoção de constituintes minerais (cinzas) ou ainda pode ser impregnado por espécies químicas com efeito catalítico (DERBYSHIRE et al., 1995). O teor de cinzas e a sua composição varia com o tipo de carvão ativado e em geral aumenta nos carvões com o aumento do grau de carbonização e de ativação do material inicial. A presença de cinza pode influenciar nas propriedades de adsorção do carvão ativado, pois causa defeitos na estrutura elementar do mesmo (JORDÃO, 1977).

A ativação pelo processo químico consiste em submeter o material a ser ativado a uma reação com reagentes químicos. Os reagentes mais utilizados na indústria são o cloreto de zinco ($ZnCl_2$) e o ácido fosfórico (H_3PO_4) (USMANI et al.,1996 e DERBYSIRE et al., 1995). Podem ser utilizados como agentes ativantes também: sulfeto de potássio (K_2S), tiocianato de potássio (KCNS), ácido sulfúrico (H_2SO_4), hidróxido de sódio (NaOH) e cloreto de cálcio ($CaCl_2$) (JORDÃO, 1977).

2.5 GOMA RESINA

Resina é o nome genérico de uma classe de substâncias que se encontra em árvores e que, no Brasil, em níveis comerciais, são extraídas de espécies do gênero

Pinus, mais precisamente *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea*. Trata-se de um líquido viscoso inflamável, de cor translúcida amarelo/marrom a branco e apresentando um forte odor (FERREIRA, 2001).

A extração de resinas de árvores iniciou-se no Brasil na década de setenta, elevando o País à categoria de exportador do produto a partir de 1989. Apesar de ser recente a sua participação no mercado internacional, o Brasil já é o segundo maior produtor mundial da matéria-prima, com aproximadamente 90 mil ton/ano (US\$ 25 milhões/ano), atrás apenas da China com uma produção anual de 400 mil toneladas e detentora de 60% do mercado mundial (ARES, 2005).

A resina é constituída por um conjunto de substâncias hidrofóbicas, solúveis em solventes orgânicos. A resina do pinheiro é um viscoso secretado pelas células epiteliais dos canais resiníferos das coníferas. Compõe-se de 66% de ácidos resínicos, 25% de terebintina (óleo essencial), 7% de material neutro não volátil e de 2% de água (CASTRO, 2002).

Segundo FERREIRA (2001, p.23) os produtos resinosos podem ser obtidos de três fontes distintas:

- a) Goma resina ou resina natural (gum resin) – a partir da coleta de resina de árvores vivas (resinagem) por meio de um processo de exsudação da goma resina semelhante ao da extração da borracha. Posteriormente, via lavagem e destilação obtém-se o breu e a terebintina .
- b) Resina de tall oil ou talóleo (crude tall oil) – subproduto da transformação da madeira em celulose pelo processo sulfatado. Obtém-se a terebintina sulfatada e o breu de talóleo.
- c) Resina de madeira (wood resin) – através de um processo tecnológico de secagem e extração dos componentes resínicos presentes na madeira e realizado fora da floresta. São obtidos os produtos de breu natural, terpenos e óleo de pinho, entre outros.

Os egípcios já utilizavam a resina para fins religiosos e também na mumificação dos corpos (HOMA, 1983), os gregos utilizavam-na (e ainda utilizam) na produção de vinho, e os fenícios e os romanos usavam-na para calafetar os seus navios, utilização esta que se mantém até os dias de hoje. Nos dias atuais a resina pura

não tem muitas aplicações, porém a partir dela se obtém dois produtos de diversas aplicações: o breu e a terebintina.

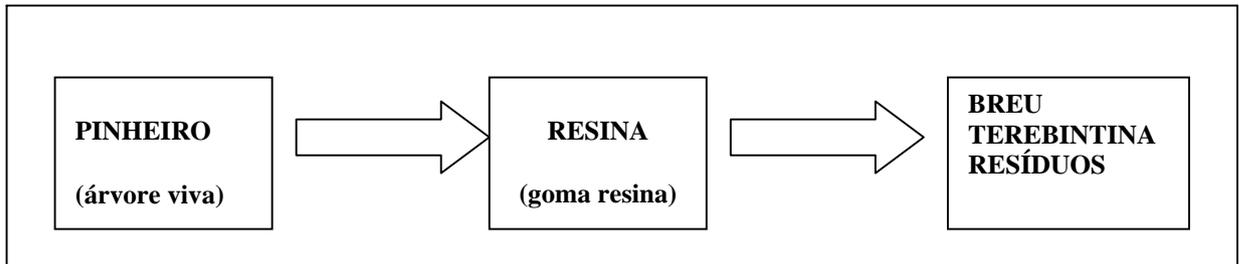


FIGURA 06 – FASES DA OBTENÇÃO DOS PRODUTOS RESINOSOS
 FONTE: FERREIRA, 2001

Pode-se observar na figura 06 que há duas fases: (I) a resinagem, ou seja, a produção e extração de resina na floresta; e (II) a primeira transformação, que compreende o processamento da resina bruta na fábrica, pela lavagem e destilação.

Portanto a partir da goma resina, pelo processo de lavagem e destilação, obtém-se o breu, a terebintina e os resíduos. Estes são constituídos por água e impurezas orgânicas (folhas, pequenos ramos, casca da árvore) e é considerado externalidade do processo, sem utilização aparente.

2.5.1 Resinagem

A atividade resineira, no princípio, segundo GRAÇA (1984), consistia no corte da casca e do lenho, de maneira a expor os canais resiníferos e permitir o fluxo da resina. Essas incisões ou cortes ou estrias eram repetidas semanalmente, para desobstruir os canais resiníferos fechados por talóides ou pela cristalização. Na busca de um processo menos dispendioso foram realizados estudos e testes com vários produtos que mantivessem o fluxo de resina e diminuísse a frequência das estrias.

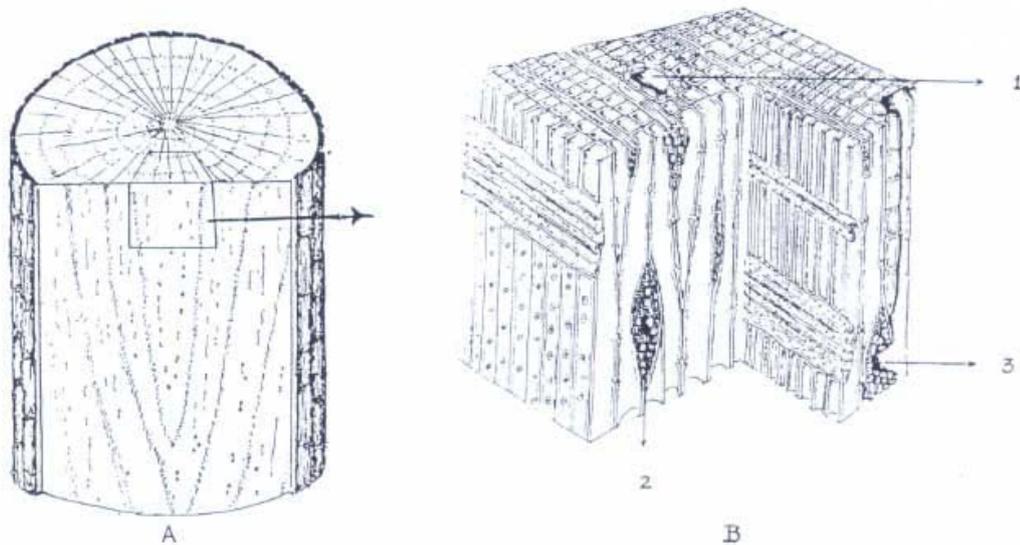


FIGURA 07 – CANAIS RESINÍFEROS DE CONÍFERAS
 FONTE: CASTRO

Atualmente a operação da resinagem consiste na remoção periódica de parte da casca da árvore, sob forma de faixas ou estrias de 2 a 3 cm de altura. A largura do painel de resinagem pode ser pré-determinada para todas as árvores de acordo com o diâmetro médio do plantio que se pretende trabalhar ou em uma extensão da circunferência do fuste igual à medida do diâmetro (DAP) de cada árvore.

A resina encontra-se no lenho dos pinheiros, dentro de canais resiníferos verticais e horizontais, sendo necessário à aplicação de uma solução ácida para destruir as paredes celulósicas dos canais resiníferos, permitindo assim a livre exsudação da resina. A solução ácida deve ser aplicada junto à linha de contato da casca com o lenho. Uma solução de ácido sulfúrico a 25 % era utilizada, inicialmente, mas devido ao aumento da ocorrência de acidentes no seu manuseio e a alta solubilidade da solução por ocasião das chuvas, foi então desenvolvida a chamada “pasta ácida”.

Conforme CARNEIRO (1982), uma formulação adequada para a

constituição da pasta ácida é a seguinte: 10 litros de ácido sulfúrico a 40% e 2,750 kg de pó de casca de amendoim. A casca de amendoim pode ser substituída por outros materiais inertes como, por exemplo, o farelo de arroz. No mercado encontra-se pasta ácida pronta para uso, com a concentração de ácido variando de 16% a 30%.

FRANCO et al. (1983) e GARRIDO et al. (1983), sugerem o uso do ácido ethephon (nome comercial ethrel-2), como estimulante da exsudação da resina, que deve ser adicionado à pasta sulfúrica na proporção de 1:5. Aplicando-se 2 a 3 gramas desta nova pasta sulfúrica demonstraram que o aumento de produção pode atingir até 50%, segundo pesquisas (ARESB,2005).



FIGURA 08 – EXSUDAÇÃO DE UMA ÁRVORE ADULTA
FONTE: ARESB, 2003

A diversidade do equipamento de resinagem é muito grande e cada empresa adota um sistema. Atualmente, o modo mais usual utiliza os seguintes equipamentos para a atividade resineira: recipiente coletor (saco plástico); e as ferramentas (estriador de bico), estriador de pasta ou bisnaga, raspador de resina e raspador de tronco (ARESB,2005).

2.5.2 Composição da resina

2.5.2.1 Terebintina

A terebintina, fração volátil, consiste geralmente de hidrocarbonetos cíclicos (monoterpenos), sendo que quase sempre existe uma mistura de sesquiterpenos, e por vezes de substâncias não terpênicas (BRITO et al.,1978).

A terebintina é utilizada como solvente de certas tintas especiais e principalmente, como matéria-prima de indústrias químicas e farmacêuticas.

2.5.2.2 Breu

O breu, fração fixa, é formado na sua maior parte por ácidos resínicos, mas também por ácidos graxos, ésteres desses ácidos, esteróis, álcoois, além de sesquiterpenos e diterpenos (BRITO et al.,1978).



FIGURA 09 - BREU

O breu é aplicado na fabricação de tintas, vernizes, plásticos, lubrificantes, adesivos, inseticidas, germicidas e bactericidas. Porém seu principal uso está na fabricação de cola de breu de uso generalizado na indústria de papel (BRITO et al.,1978).

2.6 MODELO MATEMÁTICO DE PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS

CERCAL (2000, p.31) diz que um dos motivos de seus estudos para o desenvolvimento de um método de priorização foi:

Para que o modelo permita ao usuário selecionar suas prioridades para a minimização de resíduos sob três enfoques importantes e essencialmente diferentes: o aspecto **econômico** (já incluídos o aspecto ambiental e técnico); os **riscos gerais** que a geração do resíduo representa, quer para a imagem da empresa, quer para a saúde de seus trabalhadores, moradores vizinhos e comunidades adjacentes; e a maior ou menor **disponibilidade** de recursos humanos, técnicos e financeiros, voltados à **minimização** desses resíduos.

O modelo proposto por CERCAL (2000), considera “equipamentos” os objetos físicos por onde passam e/ou são processados e/ou tratados os materiais e considera “produtos” os conjuntos de dados referentes a uma determinada situação de produção.

O modelo matemático trata cada resíduo de acordo com as diferentes possibilidades de disposição final e analisa três aspectos básicos:

1. Análise do resíduo por valor: considerando a caracterização dos resíduos bem como as quantidades geradas, o valor dos materiais presentes no resíduo e o seu grau de alteração, os custos globais do gerenciamento do resíduo e as destinações finais que são dadas aos mesmos.
2. Análise do resíduo por risco: considerando os aspectos de riscos que a sua geração traz para os funcionários e comunidades adjacentes, a existência de penalidades aplicáveis e a existência de dados sobre o resíduo.
3. Análise do resíduo por facilidade de minimização: considerados a disponibilidade de recursos técnicos, humanos e financeiros para a minimização.

CERCAL (2000) citado por SOUZA (2005) diz que esses estudos foram

desenvolvidos em separado por dois motivos principais:

- a) Para que o modelo permita ao usuário selecionar suas prioridades para a minimização de resíduos sob três enfoques importantes e essencialmente diferentes: o aspecto econômico (já incluídos o aspecto ambiental e técnico); os riscos gerais que a geração do resíduo representa, quer para a imagem da empresa, quer para a saúde de seus trabalhadores, moradores, vizinhos e comunidades adjacentes; e a maior ou menor disponibilidade de recursos humanos, técnicos e financeiros, voltados à minimização desses recursos humanos, técnicos e financeiros, voltados à minimização desses resíduos.
- b) Em caso contrário, isto é, um único modelo geral, correr-se-ia o risco de se chegar a uma solução heurística que, embora matematicamente coerente, não seria muito representativa da realidade, por misturar diferentes categorias de conceitos em uma análise única.

O modelo matemático foi concebido para ser capaz de tratar a possibilidade de cada resíduo, em cada equipamento e para cada produto processado, sofrer mais de um tipo de destinação final (CERCAL, 2000).

Diante disso CERCAL (2000) admitiu 25 classes de destinação de resíduos, englobando a natureza e a localidade do destino final, a existência ou não de um beneficiamento antes da disposição final e por último a sua função, ou seja, a utilização do resíduo (reuso, disposição, reciclagem). Cada classe foi composta por um par de símbolos: um algarismo e uma letra. O algarismo representa a natureza, o beneficiamento e a função da destinação final e a letra representa a localidade da destinação final (CERCAL, 2000).

A tabela 01 mostra as características das classes de destinação de resíduos de acordo com os critérios anteriormente mencionados.

TABELA 01 - CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

Letra	Algarismo	Características
	1	Reutilização direta do resíduo com os materiais em sua função original.
	2	Reutilização direta do resíduo com os materiais em função diferente da original.
	3	Reutilização do resíduo após beneficiamento, com os materiais em sua função original.
	4	Reutilização do resíduo após beneficiamento, com os materiais em função diferente da original.
	5	Disposição final adequada.
	6	Disposição final inadequada.
	7	Resíduo sem disposição definida.
A		Na fonte.
B		Em outro equipamento na mesma unidade produtiva.
C		Em outra unidade produtiva na mesma fábrica.
D		Em outra fábrica.
E		Em outra fábrica, porém com beneficiamento na unidade fabril onde o resíduo é gerado.

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

2.6.1 Análise do resíduo por valor

Considera a caracterização dos resíduos bem como as quantidades geradas, o valor dos materiais presentes no resíduo e o seu grau de alteração, os custos globais do gerenciamento do resíduo e as destinações finais que são dadas aos mesmos. Neste tópico o resíduo mais prioritário, ou seja, aquele que deve ser escolhido para se iniciar a minimização é o que apresenta o menor valor global. Logo, o valor global quando positivo representa lucro que a empresa está tendo com o resíduo e quando negativo representa prejuízo, então, a disposição final deste resíduo não é adequada do ponto de vista, não só econômico, mas também ambiental e técnico (CERCAL, 2000). As equações usadas para a análise do resíduo por valor estão na Tabela 02.

TABELA 02 - EQUAÇÕES PARA A ANÁLISE DE VALOR

Descrição	Equação	Número
Valor unitário do resíduo	$S^+ = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\sum_{h=1}^m Y_{hjk} \cdot D_{S^+}^{S/N}{}_{hjk}) \cdot (\sum_{i=1}^m X_{ijk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(01)
Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo	$\Delta S^{\%} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{i=1}^m (\Delta S^{\%}_i \cdot X_{ijk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(02)
Custo unitário de beneficiamento do resíduo	$S^-_B = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m (Y_{hjk} \cdot D_{S^-_B}^{S/N}{}_{hjk} \cdot S^-_{Bhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(03)
Custo unitário de transporte do resíduo	$S^-_T = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m (Y_{hjk} \cdot D_{S^-_T}^{S/N}{}_{hjk} \cdot S^-_{Thjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(04)
Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo	$S^-_{TD} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m (Y_{hjk} \cdot D_{S^-_{TD}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot S^-_{TDhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(05)
Custo unitário de geração e permanência do resíduo	$S^-_{GP} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m (Y_{hjk} \cdot D_{S^-_{GP}}^{S/N}{}_{hjk} \cdot S^-_{GPhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(06)
Retorno obtido conforme a disposição dada ao resíduo	$S^+_R = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m (Y_{hjk} \cdot D_{S^+_R}^{S/N}{}_{hjk} \cdot S^+_{Rhjk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(07)
Base do IPHMR	$\xi_B = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^m \xi_{Bh} \cdot Y_{hjk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(08)
IPHMR	$\xi = \xi_B \cdot \Delta S^{\%}$	(09)
Valor unitário do resíduo não corrigido	$S' = S^+ - S^-_B - S^-_T - S^-_{TD} - S^-_{GP} + S^+_R$	(10)
Constância do resíduo	$K = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e K_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k$	(11)
Relação do resíduo com o processo	$\Omega = \text{cte}$	(12)
Fator de correção para valores positivos do resíduo	$\delta^+ = (1 + \xi) / K \cdot \Omega \quad // \quad \xi \neq (-1)$	(13)
Fator de correção para valores negativos do resíduo	$\delta^- = (1 - \xi) \cdot K \cdot \Omega \quad // \quad \xi \neq (+1)$	(14)
Valor unitário do resíduo não corrigido	$\text{Se } S' > 0 \Leftrightarrow S = S' \cdot \delta^+$ $\text{Se } S' < 0 \Leftrightarrow S = S' \cdot \delta^-$ $\text{Se } S' = 0 \Leftrightarrow S = 0$	(15)
Valor total do resíduo corrigido	$S_{\text{Total}} = W_{\text{Total}} \cdot S$	(16)

As Tabelas 03 e 04, propostas por Cercal (2000), contém os parâmetros numéricos a serem utilizados no modelo matemático.

TABELA 03 - ANÁLISE DO RESÍDUO POR VALOR: PARÂMETROS NUMÉRICOS GERAIS

Relação com o processo	Ω	Constância	K	$\Delta\%$
Intrínseco	0,8	Fixo	1,1	Máximo = ∞
Semi-intrínseco	1,0	Semi-fixo	1,0	Mínimo = 50
Extrínseco	1,2	Variável	0,9	

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

TABELA 04 – ANÁLISE DO RESÍDUO POR VALOR: PARÂMETROS MATEMÁTICOS DAS CLASSES DE DISPOSIÇÃO

Classe	$D^{S/N}_{\$+}$	$D^{S/N}_{\$B}$	$D^{S/N}_{\$T}$	$D^{S/N}_{\$TD}$	$D^{S/N}_{\$GP}$	$D^{S/N}_{\$R}$	ξ_B
1-A	1	0	0	0	0	0	+1,00
1-B	1	0	0	0	1	0	+0,97
1-C	0	0	0	0	1	1	+0,95
1-D	0	0	0/1 ¹	0	1	1	+0,92
2-A	0	0	0	0	0	1	+0,90
2-B	0	0	0	0	1	1	+0,87
2-C	0	0	0	0	1	1	+0,85
2-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,82
3-A	1	1	0	0	0	0	+0,80
3-B	1	1	0	0	1	0	+0,77
3-C	1	1	0	0	1	0	+0,75
3-D	0	0/1	0	0	1	1	+0,72
3-E	0	1	1	0	1	1	+0,60
4-A	0	1	0	0	1	1	+0,50
4-B	0	1	0	0	1	1	+0,45
4-C	0	1	0	0	1	1	+0,40
4-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,20
4-E	0	1	0/1	0	1	1	ZERO
5-A	0	0	1	1	1	0	-0,20
5-B	0	0	0	1	1	0	-0,40
5-C	0	0	1	1	1	0	-0,60
6-A	0	0	1	1	1	0	-1,00
6-B	0	0	0	1	1	0	-1,20
6-C	0	0	1	1	1	0	-1,40
7	0	0	0	0	1	0	-1,80

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

¹ Utilizar **zero** (0), ou **um** (1), conforme o frete seja pago por **terceiros**, ou **pela empresa**, respectivamente.

2.6.2 Análise do resíduo por risco

Consideram os aspectos de riscos que a geração dos resíduos traz para os funcionários e comunidades adjacentes, a existência de penalidades aplicáveis e a existência de dados sobre o resíduo. Para tanto, são feitas quatro perguntas:

1. Existem dados reais ou estimados referentes ao resíduo?
2. Existe relação com a ocorrência de danos à saúde humana?
3. Existe relação com a ocorrência de reclamações de moradores vizinhos?
4. Existe relação com a ocorrência de penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas (CERCAL, 2000)?

Para a pergunta 1 as possíveis respostas são SIM ou NÃO e para as demais as respostas são “já ocorreu”, “em potencial” ou “isento”. Se uma das perguntas 2, 3 ou 4 tiver a resposta “já ocorreu” o resíduo é diretamente classificado como prioritário. Para as respostas “não” e “isento” o modelo atribui o peso ZERO e para as respostas “em potencial” o peso é tabelado (CERCAL, 2000). A análise por riscos segue a equação 17, apresentada na Tabela 05 e na Tabela 06, onde estão os respectivos parâmetros matemáticos. Na análise do resíduo por riscos quanto maior for o valor obtido, mais prioritário é o resíduo.

TABELA 05 - EQUAÇÕES PARA A ANÁLISE DE RISCO

Descrição	Equação	Número
Risco global do resíduo	$R = \left(\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{q=1}^q Q_{jk} \cdot Z_{jk} \cdot W_k \right) \div \Pi$	(17)

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

TABELA 06 - ANÁLISE DO RESÍDUO POR RISCOS: PARÂMETROS MATEMÁTICOS

Classificação do Resíduo	Π	PERGUNTAS	Q_{jk}
Classe I (Perigoso)	1	Existem dados?	---
Classe II-A (Não-inerte)	2	Danos à saúde?	4
Classe II-B (Inerte)	3	Reclamações de vizinhos?	2
		Penalidades?	1

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

2.6.3 Análise do resíduo por facilidade de minimização.

Onde são considerados a disponibilidade de recursos técnicos, humanos e financeiros para a minimização. Assim como no caso de análise por riscos a análise por facilidade de minimização é feita com base em perguntas, porém aqui são aceitas apenas as respostas SIM ou NÃO e os pesos também são diferenciados. Na Tabela 07 tem-se as questões com os respectivos pesos. Como os pesos da variável Custo de Minimização são maiores para os custos mais altos, temos um somatório positivo das perguntas, então multiplicamos pelo custo. Em contrapartida, se temos um somatório negativo das perguntas dividimos pelo custo (CERCAL, 2000). Neste caso quanto menor for o valor obtido mais fácil será para minimizá-lo. A análise por facilidade de minimização segue as equações 18 e 19 da Tabela 08.

**TABELA 07 – ANÁLISE DO RESÍDUO POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO:
QUESTÕES E PARÂMETROS MATEMÁTICOS**

Questão	Peso	CUSTO	CM_{jk}
Parar equipamento?	01	Muito alto	4
Parar processo?	02	Alto	3
Parar unidade?	03	Baixo	2
Modificar equipamento?	02	Muito baixo	1
Modificar processo?	04		
Modificar unidade?	06		
Implantar equipamento?	04		
Implantar processo?	08		
Implantar unidade?	12		
Tecnologia Disponível?	- 10,1		
Mão de Obra Disponível?	- 7,1		
Recursos Disponíveis?	- 15,1		

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000.

TABELA 08 - EQUAÇÕES PARA A PRIORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Descrição	Equação	Número
Facilidade de minimização global do resíduo para $\Sigma F_{jk} > 0$	$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\Sigma F_{jk} \times CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{se } \Sigma F_{jk} > 0$	(18)
Facilidade de minimização global do resíduo para $\Sigma F_{jk} < 0$	$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e (\Sigma F_{jk} \div CM_{jk}) \cdot Z_{jk} \cdot W_k \quad \text{se } \Sigma F_{jk} < 0$	(19)

Fonte: Adaptado de Cercal, 2000

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O trabalho foi desenvolvido em duas unidades industriais. A primeira unidade produz carvão ativado a partir de matérias-primas vegetais (*pinus*, babaçu, carvão vegetal, cavaco, entre outros) e a segunda unidade produz, a partir da goma resina, breu e terebintina.

A unidade de carvão ativado produziu, no período de 03/2004 a 03/2005, 2.205.921 kg de carvão ativado, sendo 71,19% de carvão ativado pulverizado e 28,81% de carvão ativado granulado.

A unidade de goma resina produziu no mesmo período 1.592.155,2 kg de subprodutos da goma, sendo 83,51% de breu e 16,48% de terebintina.

As duas unidades ocupam, aproximadamente, a área total de 120.000 m².

A planta de processamento de resina tem setenta e quatro funcionários. Já na unidade de carvão ativado há um efetivo de 134 funcionários.

As duas unidades implantaram um sistema de coleta seletiva durante o período do trabalho de pesquisa, porém nota-se uma separação mais efetiva no setor de

resinas. No mês de junho de 2005 para comemorar o Dia do Meio Ambiente foi realizada uma competição onde a idéia principal era fazer objetos de arte utilizando os resíduos que a empresa gera. Os trabalhos foram muito criativos e cumpriram com o seu objetivo. Nota-se o início de uma atitude pró-ativa para as questões ambientais nas duas unidades.

O objetivo deste trabalho é estudar as duas unidades produtivas. Desta forma elas foram divididas em setores para um melhor planejamento e abordagem. Os setores foram assim definidos:

Unidade de carvão ativado:

- Setor 01– Processo de ativação do carvão.
- Setor 02– Beneficiamento do carvão ativado.
- Setor 03– Beneficiamento dos carvões ativados lavado e impregnado.

Unidade de processamento de goma resina:

- Setor 01- Resinagem.
- Setor 02- Tratamento de efluentes da resinagem.

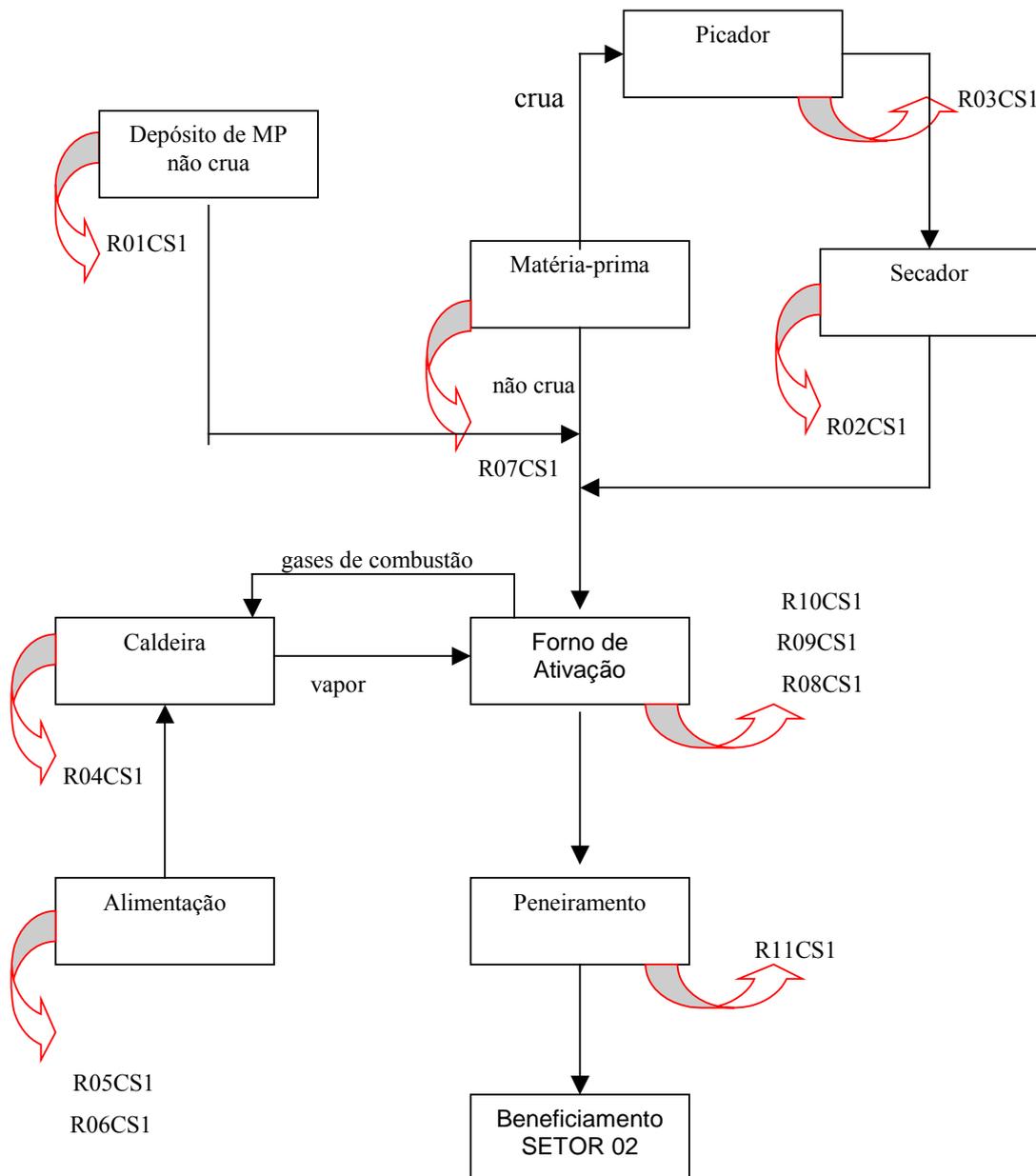
3.2 LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Foi elaborado o fluxograma dos setores e a partir dele foi realizado o levantamento das fontes poluidoras, das matérias-primas, dos insumos consumidos e dos produtos fabricados.

A unidade de Carvão ativado foi subdividida nos setores 01, 02 e 03.

3.2.1 Fluxograma do Setor 01 – Ativação física

O setor de ativação compreende as etapas de: recebimento e armazenamento de matérias-primas, secagem das matérias-primas cruas, transporte até os fornos, ativação e peneiramento.



3.2.1.1 Recebimento e estocagem das matérias-primas

As matérias-primas: carvão vegetal, madeira, madeira picotada e o cavaco são recebidas em caminhões que são pesados por balança na portaria da fábrica. Em seguida o caminhão é enviado ao setor de expedição para o cálculo do volume da carga. A produção é responsável pela determinação da densidade dos diversos insumos que são feitas pela tara do caminhão (medido pela recepção) dividido pelo volume do carregamento (medido pela expedição por meio de tabelas).

O carvão vegetal é recebido em embalagens de rafia. O cavaco e a madeira picotada são recebidos a granel.

O carvão vegetal é descarregado manualmente em depósito coberto. As rafias são controladas e devolvidas aos fornecedores de origem. A madeira picotada é descarregada em um depósito aberto. A madeira é recebida sob forma de toras, na maior parte descascadas e são picotadas na própria unidade, ficando armazenadas em um depósito sem cobertura. As cascas de pinus (RS03CS1) configuram resíduo de processo.

Os lotes recebidos são amostrados de acordo com uma metodologia interna. A amostra é enviada ao laboratório de análise a fim de verificar o seu percentual de umidade e de pó do lote, de acordo com o padrão existente estabelecido pela fábrica. O pó do carvão vegetal (R01CS1) é um dos resíduos detectados. Para a madeira picotada é analisada somente o percentual de umidade, eventualmente se realiza análise do teor de pó para verificação da sua qualidade. Para o cavaco e a madeira não são realizadas amostragens.

3.2.1.2 Secagem das matérias-primas cruas

As matérias-primas: carvão vegetal (não crua) e o cavaco (crua) não necessitam serem secos.

A madeira picotada é encaminhada, por meio de sucção, do depósito até o

secador. O secador rotativo reduz a umidade da matéria-prima em, aproximadamente, 11% e depois encaminha-a por meio de tubulação fechada (evitando assim perdas no transporte) para um depósito coberto, sendo descarregado por meio de um ciclone. Os finos gerados pela secagem são considerados como resíduos do processo (R02CS1).

3.2.1.3 Alimentação dos fornos

O carvão vegetal e o cavaco são transportados por meio de esteiras transportadoras até o andar superior da fábrica onde são acondicionados em tambores metálicos distintos. Estes são descarregados manualmente no primeiro estágio do forno conforme a necessidade de produção. Durante este transporte há perdas, principalmente, nas esteiras. As perdas do cavaco (R07CS1) são realimentadas ao processo após a varrição externa.

A madeira picotada é transportada para o andar superior da fábrica por meio de uma tubulação fechada, sob sucção, entrando em um silo. De acordo com o planejamento de produção é feita a alimentação do forno. Não foram detectadas perdas neste transporte.

3.2.1.4 Ativação física

O sistema é composto por diversos fornos que trabalham isoladamente, mas que possuem uma zona de aquecimento comum. É necessário alguns dias de aquecimento para obter o perfil térmico desejável para a operação do processo, por isso os fornos são mantidos aquecidos e o processo é contínuo.

O forno é constituído de três fases: carbonização, ativação (800⁰C a 1000⁰C) e zona de resfriamento. A alimentação de vapor pela caldeira se dá na fase de ativação, sendo que o ar gera os macroporos do carvão e o vapor gera os microporos.

Na primeira fase o carvão é alimentado e, em contra fluxo, saem os gases de combustão que irão para a caldeira fornecendo-lhe calor. A alimentação da caldeira e

dos fornos é contínua.

A caldeira aquatubular é alimentada pelos gases de combustão gerados pelos fornos. Ela gera o vapor que é o meio ativante do processo. As embalagens dos produtos químicos (R05CS1 e R06CS1) de tratamento da caldeira são resíduos do processo. O excedente de vapor gerado pela caldeira é resíduo do processo (R04CS1).

Após o tempo de residência de cada matéria-prima, o carvão já ativado é descarregado dos fornos em tambores metálicos.

A descarga do forno de ativação é feita pela base do mesmo após passar pela zona de resfriamento. Nesta fase ocorre o levantamento de pó do carvão produzido que se deposita no chão e é varrido ao final do turno, um resíduo da produção (R09CS1).

O carvão ativado de um turno é peneirado após um certo período para que se tenha um tempo de resfriamento fora do forno. Após a descarga do carvão, já ativado, do forno, os tambores são fechados e coloca-se água para cessar a queima evitando dessa forma que o teor de cinzas aumente.

Por ocasião da limpeza dos cinzeiros são gerados dois resíduos: cinzas (R10CS1) e entulho (R31CS1). Este é gerado pela abertura dos cinzeiros, constituindo-se em tijolos e barro. Eles são reaproveitados na sua íntegra para o fechamento, após limpeza, dos cinzeiros. As purgas dos fornos constituem resíduo do processo (R08CS1).

3.2.1.5 Peneiramento

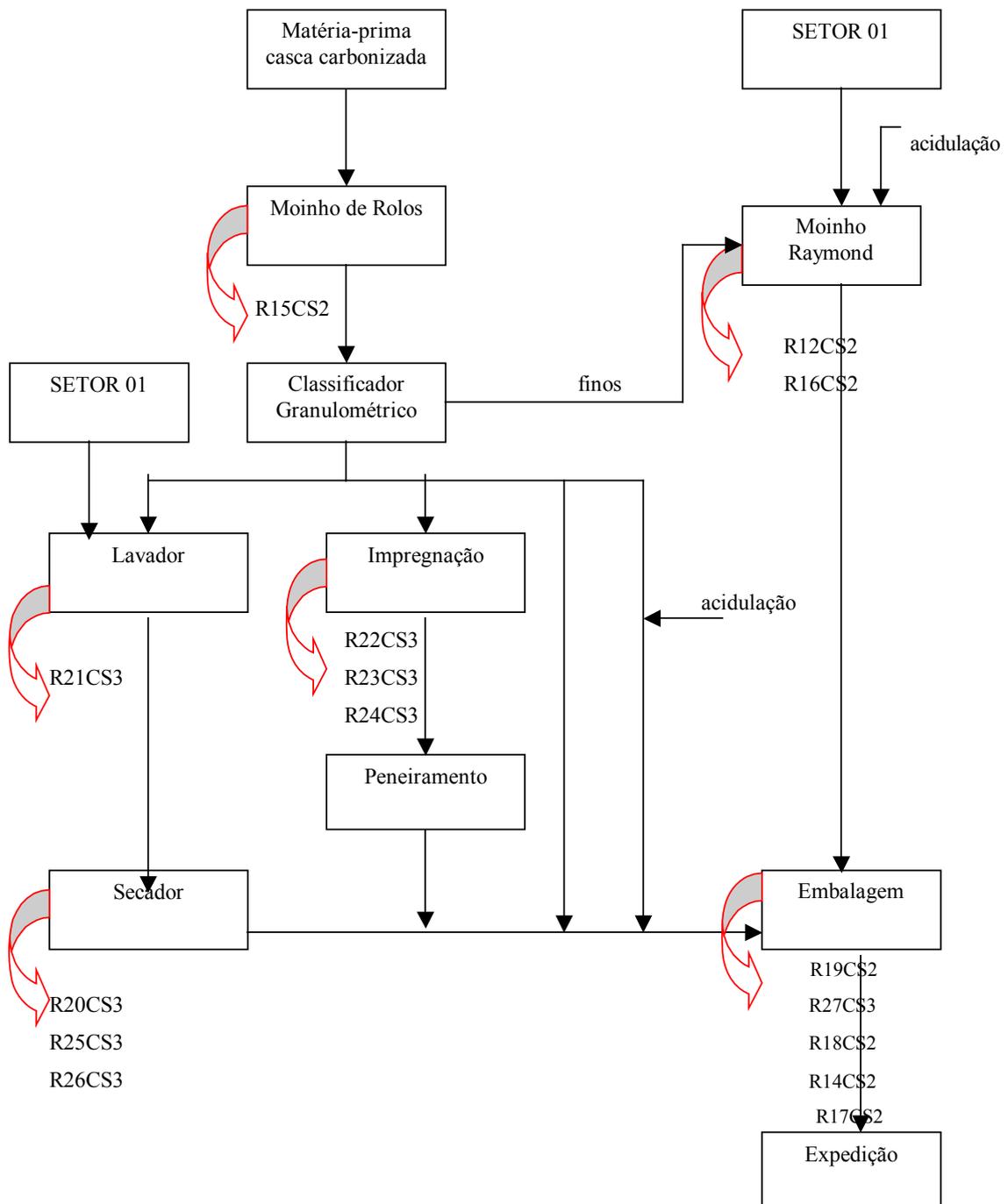
O peneiramento é feito quando o carvão ativado estiver na temperatura ambiente. O carvão ativado (feito a partir da matéria-prima carvão vegetal) segue então para uma peneira onde são separadas três produtos diferentes: pó de ativação, produto 1 e o produto 2. Cada produto tem características diferentes quanto a granulometria. O pó de ativação é um resíduo do processo (R11CS1). O carvão ativado provenientes dos outros tipos de matéria-prima não são peneirados e seguem

para a próxima etapa de produção.

3.2.2 Fluxograma do setor 02 e setor 03- beneficiamento

3.2.2.1 Carvão ativado pulverizado

O carvão já peneirado pode seguir dois fluxos distintos de produção. No primeiro, o carvão é enviado ao moinho Raymond.



Após um certo tempo de operação é feita a limpeza dos moinhos sendo gerado um resíduo (R16CS2). O carvão ativado já sob forma de pó é descarregado em tambores metálicos. Depois é pesado e embalado em sacos de papel que são costurados para lacrar. É encaminhado então para a expedição. O pó no setor de moagem é gerado nas etapas: durante o ajuste de peso na balança e durante o ensacamento porque o carvão sai fluidizado (embalagem pós-moinho) gerando muito pó, portanto deve-se esperar assentar o pó para então ensacar. Este pó na maior parte deposita-se no chão do setor e é retirado pela varrição constituindo um resíduo (R13CS2).

Porém quando é requerida a produção de carvão pulverizado acidulado, primeiramente é acrescido ácido para então seguir o processo descrito em (a).

3.2.3 Setor 03 – Lavado/Impregnado

3.2.3.1 Carvão ativado granulado

O carvão ativado de casca pré-carbonizada, recebido em sacos de ráfia, alimenta o moinho de rolos por meio de uma esteira transportadora. A ráfia é devolvida ao fornecedor do carvão. Durante a moagem há um filtro manga que recupera parte do pó do carvão, permitindo o reuso deste resíduo (R15CS2), evitando assim perdas.

Após a moagem, o carvão é encaminhado a um classificador granulométrico que separa as diferentes granulometrias do produto final. Os finos desse processo não são resíduos, pois são utilizados para a composição de carvão ativado pulverizado. Os produtos separados no classificador seguem três diferentes caminhos na produção:

- a) Parte dos produtos seguem diretamente para a embalagem e posterior expedição. Na embalagem é gerado pó que é considerado resíduo (R14CS2).

- b) Parte dos produtos seguem para a impregnação e peneiramento. Nesta etapa surgem três distintos resíduos: os pós dos diferentes tipos de impregnados (R22CS3, R23CS3 e R24CS3). Após o peneiramento são embalados e enviados à produção.
- c) Parte dos produtos seguem ao lavador. Neste caso o carvão é lavado com água, meio ácido e aquecimento. O aquecimento é gerado em fornalhas que queimam lenha. A finalidade é a produção de carvão ativado acidulado. São gerados três resíduos: água de lavagem (R21CS3), cascas de lenha (R20CS3), cinzas da fornalha (R25CS3). Após o lavador o carvão segue para um secador. O pó de varrição (R26CS3) da área do secador é um resíduo. Depois de seco o carvão é embalado e encaminhado à expedição. Na embalagem é gerado o pó (R27CS3) que é um resíduo desta etapa.

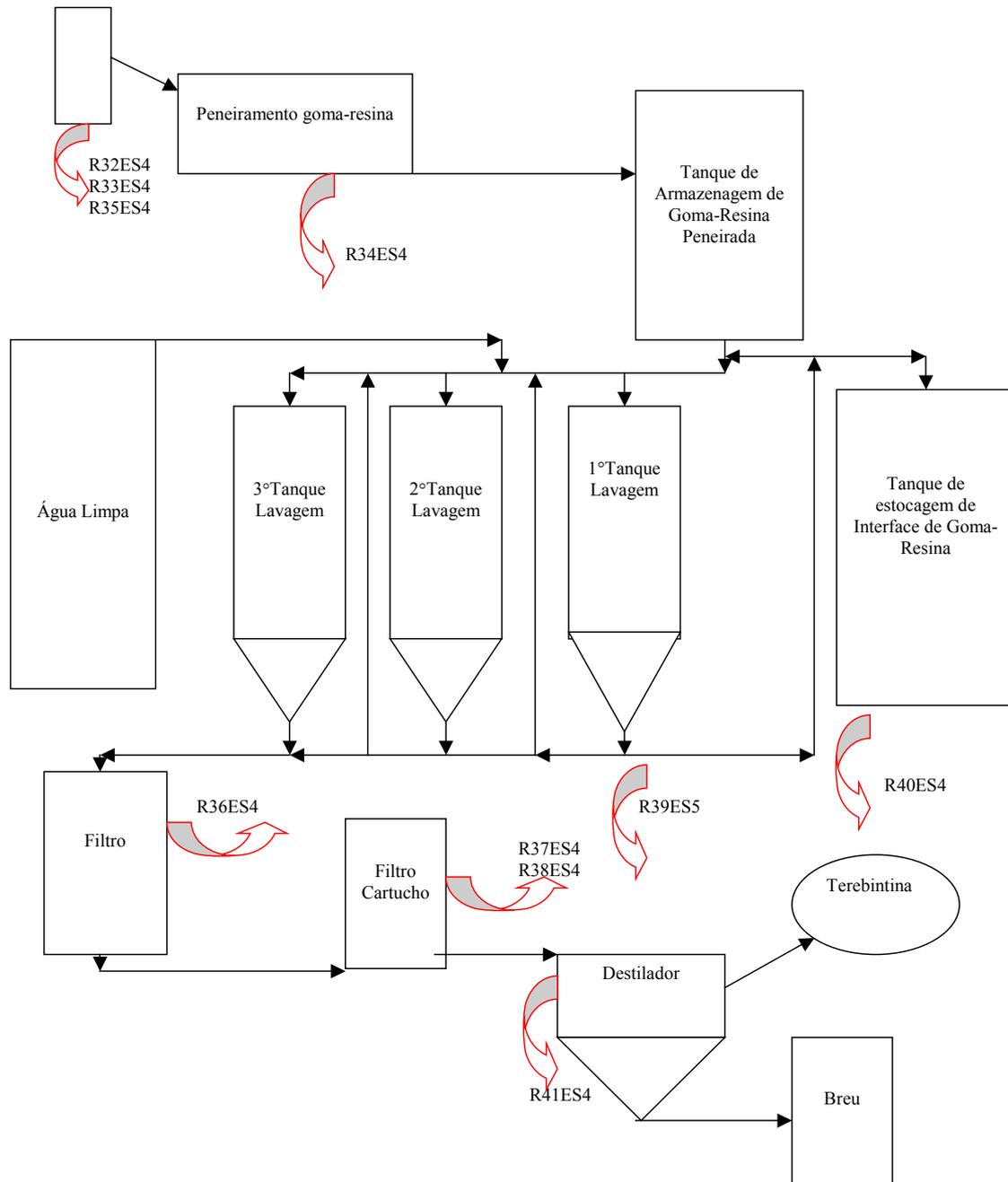
No setor de embalagem existem três resíduos diferentes: papelão (R17CS2), barbante (R18CS2) e plástico (R19CS2), todos passíveis de reciclagem, porém sem a separação seletiva adequada.

Os sacos de rafia (R28CS3), os tambores metálicos (R30CS3) e os paletes (R29CS3), apesar de serem resíduos gerais da fábrica (estão presentes nos setores: 01, 02 e 03) foram classificados no setor 03 (último estágio da produção de carvão ativado).

3.2.4 Unidade de processamento de goma resina

3.2.4.1 Setor 01- Goma resina

3.3.4.1.1 Fluxograma do setor 01 – processamento da goma resina.



3.3.4.1.2 Descrição do processo da goma resina

A resina-bruta ou goma resina é recebida em tambores metálicos de 200 litros revestidos internamente por plásticos, fechados e lacrados com arame. A embalagem plástica evita o contato direto da goma resina com o tambor metálico e assim diminui a sua contaminação por compostos ferrosos.

O processo é realizado em bateladas. Inicialmente tambores são vertidos, manualmente, em um reservatório aberto, encamisado com vapor indireto e mantido a temperatura de 40°C. A temperatura faz-se necessária para diminuir a viscosidade da goma e permitir que ela seja transportada. Após toda a goma resina ser esgotada dos tambores, tem-se os três primeiros resíduos, que são: o plástico contaminado pela goma (R33ES1), os arames (R35ES1) que lacram os tambores e os tambores vazios (R32ES1). Após o aquecimento da goma, o reservatório é esgotado passando por uma peneira a fim de remover as partículas sólidas maiores (folhas, insetos, ramos, cascas...) também chamadas de acículas (R34ES1). Estas estão impregnadas com goma e também é um resíduo do processo.

Em seguida a goma peneirada é bombeada por um duto fechado para o primeiro tanque de lavagem. Então à goma são acrescentados: água, terebintina e ácido. A função do ácido é retirar os compostos de ferro presentes na goma decantando-os como sais de ferro. E a função da terebintina é diminuir a viscosidade da goma e será recuperada posteriormente no processo.

Efetua-se a primeira lavagem com aquecimento por vapor e agitação. Decanta-se e então é feita a drenagem do tanque. Esta mistura drenada é um resíduo líquido (R39ES2) que segue para a estação de tratamento de efluentes.

Logo após a primeira lavagem faz-se a filtração da goma por um filtro com discos de papel. O papel filtro constitui mais um resíduo (R36ES1).

Após filtragem, a goma segue para uma segunda lavagem. Nesta adiciona-se água e ácido à goma, aquecendo e mantendo a mistura sob agitação. Decanta-se novamente e após um determinado tempo, a água é drenada. A goma é retirada pela

parte superior do segundo tanque de lavagem alimentando o terceiro tanque de lavagem. O processo é repetido na terceira lavagem. Em todas as três lavagens, após a drenagem da água (encaminhada para a ETE), é drenada também a interface água/goma que será armazenada em um tanque para posterior reprocesso. Além de retirar os contaminantes grosseiros ferrosos e polímeros devido ao plástico usado na embalagem. A lavagem também permite possíveis restos ácidos da mistura passada nas incisões dos troncos das árvores quando se faz a extração da goma.

Por meio de uma bomba, a goma lavada passa para um filtro composto de cartuchos onde se faz um polimento de filtração. Os cartuchos impregnados são resíduos do processo (R37ES1 e R38ES1).

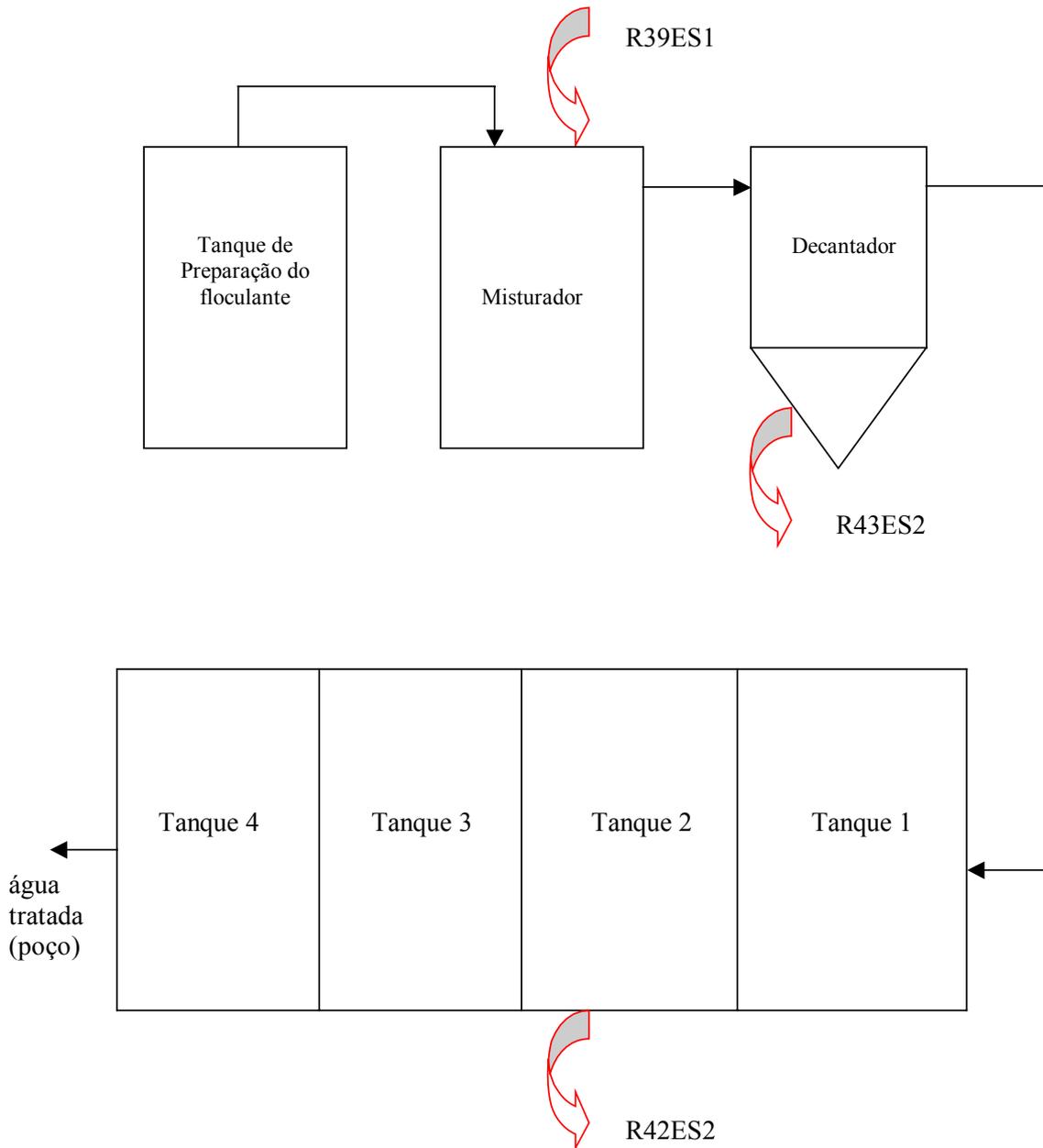
Em seguida segue para um reator com aquecimento por vapor e com agitação onde então é feita a destilação. Na destilação duas frações serão separadas: uma fração fixa composta de breu e matéria orgânica, uma fração volátil composta de terebintina e água. A fração volátil sai pelo topo do reator e passa por um condensador resfriado com água. Segue para um tanque de recepção, por um sistema de vácuo, chegando aos tanques de drenagem. A terebintina é acondicionada em um tanque de fibra. A interface água/terebintina é armazenada em um tanque para redistilação posterior. O breu, fração fixa, é retirado pela parte inferior do reator onde há um filtro que retém sólidos grosseiros eventuais. O filtro é resíduo (R41ES1) do processo. Esta fração é amostrada para realizar análises de controle de qualidade em laboratório. A interface breu/matéria orgânica é armazenada em um tanque para redistilação posterior.

O breu líquido e aquecido segue para um local coberto onde é despejado e será resfriado à temperatura ambiente. Após esta etapa ele é quebrado em pedras e segue para um moinho onde é transformado em pó.

Todas as interfaces: água/goma, terebintina/água e breu/matéria orgânica que foram destinadas ao tanque de armazenamento são redestiladas quando o tanque atinge a sua capacidade máxima. Desta redistilação são obtidos: água, terebintina e o breu preto. Esta mistura é considerada resíduo do processo (R40ES1).

3.3.5 Setor 02 – Estação de tratamento de efluentes da resinação (ETE)

3.3.5.1 Fluxograma do setor 02.



3.3.5.2 Descrição do processo da ETE da resinagem

O sistema de tratamento de águas residuárias do processamento da goma resina é composto de: água de drenagem da goma e água da canaleta (proveniente da lavagem da goma).

Toda a água residuária foi chamada de R39ES1. O processo de tratamento é por batelada, onde 300 litros de R39ES1 são enviados a um misturador onde é adicionada a cal para correção do pH para 9,0. O misturador funciona por 30 minutos e depois de desligado, é acrescido 100 ml de floculante a 0,5%. Mistura novamente por 15 minutos e a solução é passada então a um decantador onde permanece por 1 hora.

Após o tempo de decantação o efluente segue para o primeiro tanque de volume igual a 25 m³ para decantar novamente (sem carvão ativado). Depois de 1 hora o efluente é aspergido, sob forma de um chuveirinho, para um segundo tanque de mesmo volume, porém com finos de carvão ativado de babaçu. Após 40 minutos transfere-se o efluente para o tanque três de igual volume sem carvão para decantar novamente por 30 minutos. Como última etapa transfere-se o efluente tratado para o tanque quatro com carvão ativado para fazer um polimento final. Esse efluente tratado é enviado a um poço. São gerados os resíduos: carvão saturado em pó (R42ES2) e solução de cal e polímero (R43ES2).

3.2.6 Quantificação dos resíduos.

Depois de identificado, cada resíduo foi quantificado utilizando-se a figura 14. Nela constam: data de medição, fonte geradora, forma de acondicionamento, o destino atual e a quantidade do resíduo. Após esta etapa de levantamento e caracterização das fontes poluidoras, usou-se a figura 15- “Ficha de Caracterização do Resíduo” que foi adaptada de LEITE (2003) e elaborada de acordo com as exigências do modelo matemático de priorização de resíduos proposto por CERCAL (2000) com o objetivo de facilitar a coleta de dados para a inclusão no modelo matemático.

<u>FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO</u>		
<u>Identificação:</u>		
Código do resíduo:	_____	Descrição: _____
Produto relacionado:	_____	
Local de geração:	_____	
Forma de coleta:	_____	
Tipo:	<input type="checkbox"/> sólido	<input type="checkbox"/> líquido <input type="checkbox"/> gasoso
<u>Análise por valor:</u>		
Quantidade gerada:	_____	unidade(kg/ano,peças/ano,etc): _____
Composição:	_____	
Valor unitário do resíduo:	_____	custo para disposição: _____
Destinação Final dada:	<input type="checkbox"/> reciclagem	<input type="checkbox"/> tratamento/disposição <input type="checkbox"/> venda <input type="checkbox"/> indefinido
Hierarquia de prioridade:	<input type="checkbox"/> eliminar	<input type="checkbox"/> reduzir na fonte <input type="checkbox"/> reciclar <input type="checkbox"/> tratar/dispor
Relação com o processo:	<input type="checkbox"/> intrínseco	<input type="checkbox"/> semi-intrínseco <input type="checkbox"/> extrínseco
Constância da geração:	<input type="checkbox"/> fixo	<input type="checkbox"/> semi- fixo <input type="checkbox"/> variável
<u>Análise por Riscos:</u>		
Existem dados relacionados	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Existem leis aplicáveis	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
Danos à saúde humana	<input type="checkbox"/> já ocorreu <input type="checkbox"/> em potencial	<input type="checkbox"/> isento
Reclamações do entorno	<input type="checkbox"/> já ocorreu <input type="checkbox"/> em potencial	<input type="checkbox"/> isento
Penalidades(fiscalização)	<input type="checkbox"/> já ocorreu <input type="checkbox"/> em potencial	<input type="checkbox"/> isento
Periculosidade	<input type="checkbox"/> perigoso <input type="checkbox"/> não inerte	<input type="checkbox"/> inerte

FIGURA 15 - FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS

parte 1 de 3

Análise por Facilidade de Minimização:

Para minimizar este resíduo é necessário:

- | | | |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. Parar equipamento | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 2. Parar processo | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 3. Parar unidade | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 4. Modificar equipamento | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 5. Modificar processo | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 6. Modificar unidade | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 7. Implantar equipamento | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 8. Implantar processo | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 9. Implantar unidade | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 10. Tecnologia disponível | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 11. Mão-de-obra disponível | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |
| 12. Recursos disponíveis | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |

Quando comparado com os demais resíduos este custo de minimização é:

muito alto alto baixo muito baixo

Características das classes de destinação (cenário atual):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> reutilização direta/função original | <input type="checkbox"/> na fonte |
| <input type="checkbox"/> reutilização direta/função diferente da original | <input type="checkbox"/> outro equipamento |
| <input type="checkbox"/> reutilização com beneficiamento/função original | <input type="checkbox"/> outra unidade produtiva |
| <input type="checkbox"/> reutilização com beneficiamento/função diferente da original | <input type="checkbox"/> outra fábrica |
| <input type="checkbox"/> disposição final adequada | <input type="checkbox"/> outra fábrica/ beneficiado onde gerado |
| <input type="checkbox"/> disposição final inadequada | <input type="checkbox"/> no local / responsabilidade |
| <input type="checkbox"/> disposição indefinida e/ou não monitorada | <input type="checkbox"/> outro local/responsabilidade |
| | <input type="checkbox"/> responsabilidade terceiros |

Características das classes de destinação (cenário futuro):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> reutilização direta/função original | <input type="checkbox"/> na fonte |
| <input type="checkbox"/> reutilização direta/função diferente da original | <input type="checkbox"/> outro equipamento |
| <input type="checkbox"/> reutilização com beneficiamento/função original | <input type="checkbox"/> outra unidade produtiva |
| <input type="checkbox"/> reutilização com beneficiamento/função diferente da original | <input type="checkbox"/> outra fábrica |
| <input type="checkbox"/> disposição final adequada | <input type="checkbox"/> outra fábrica/ beneficiado onde gerado |
| <input type="checkbox"/> disposição final inadequada | <input type="checkbox"/> no local / responsabilidade |
| <input type="checkbox"/> disposição indefinida e/ou não monitorada | <input type="checkbox"/> outro local/responsabilidade |
| | <input type="checkbox"/> responsabilidade terceiros |

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

O levantamento dos resíduos foi realizado de acordo com o procedimento descrito no item 3 - “Material e Métodos”, porém foi necessário estabelecer uma codificação que facilitasse o uso do modelo de priorização matemático de Cercal. Para tanto a cada resíduo foi associado um código composto: da letra R, que indica “resíduo”; seguida de dois algarismos que indicam a seqüência numérica dentro do processo analisado; uma letra que indica a unidade que pertence e, por fim, o setor a qual pertence na unidade. Por exemplo: R01CS1 é o primeiro resíduo da unidade de carvão ativado do setor 1.

Os resíduos estudados são de duas unidades diferentes: a unidade de fabricação de carvão ativado, indicada pela letra “C” e a unidade de processamento da goma resina, indicada pela letra “E”. Em cada unidade foram classificados os setores produtivos.

Na unidade de fabricação de carvão tem-se:

Setor 1 – setor de ativação do carvão. Neste setor incluem-se as atividades desde o recebimento da matéria-prima até o peneiramento após a saída dos fornos de ativação.

Setor 2 – setor de beneficiamento do carvão ativado. Neste setor incluem-se as atividades de moagem, classificação e embalagem do carvão ativado.

Setor 3 – setor de carvão ativado lavado e carvão impregnado. Neste setor incluem-se os processos de fabricação do carvão lavado e do carvão impregnado, bem como a sua classificação e embalagem.

Na unidade de processamento de goma resina tem-se:

Setor 1 – setor de processo da goma. Neste setor incluem-se as atividades

desde o recebimento da goma resina até o processo de destilação e separação de seus componentes.

Setor 2 – estação de tratamento de águas residuárias.

A tabela 9 identifica cada resíduo relacionando-o com o seu respectivo código (adotando os critérios acima estabelecidos) e o equipamento onde ocorre a origem do mesmo no processo.

TABELA 9 – CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Resíduo	Descrição	Origem
R01CS1	Finos da matéria-prima não crua	malha passante 4
R02CS1	Finos da matéria-prima crua	saída do secador
R03CS1	Cascas de pinus	depósito de matéria-prima
R04CS1	Vapor excedente	caldeira
R05CS1	Barrilete	caldeira
R06CS1	Bombonas plásticas	caldeira
R07CS1	Cavaco seco	esteira transportadora
R08CS1	Purgas dos fornos	fornos
R09CS1	Finos do ativado	saída dos fornos
R10CS1	Cinzas	cinzeiros dos fornos
R11CS1	Pó do ativado peneiramento	peneiramento do carvão ativado
R12CS2	Embalagem	moinho
R13CS2	Pó do ativado beneficiamento	setor de beneficiamento
R14CS2	Pó da embalagem	embalagem do carvão ativado
R15CS2	Finos do carvão ativado	filtro de manga do moinho
R16CS2	Mistura pó e areia	moinho Raymond
R17CS2	Papelão	embalagem
R18CS2	Barbante	embalagem
R19CS2	Plástico	embalagem
R20CS3	Cascas de lenha	fornalha
R21CS3	Água de lavagem	lavador
R22CS3	Finos do impregnado 1	peneiramento dos impregnados
R23CS3	Finos do impregnado 2	peneiramento dos impregnados
R24CS3	Finos do impregnado 3	peneiramento dos impregnados
R25CS3	Cinzas das fornalhas	fornalhas
R26CS3	Pó de varrição	setor carvão lavado
R27CS3	Pó embalagem lavado	embalagem do carvão lavado
R28CS3	Sacos de ráfia	processo carvão ativado
R29CS3	Paletes	processo carvão ativado
R30CS3	Tambores metálicos	processo carvão ativado
R31CS1	Entulho	cinzeiros dos fornos
R32ES1	Tambores metálicos	matéria-prima goma resina
R33ES1	Plásticos com goma	matéria-prima goma resina
R34ES1	Acícula com goma	filtro pós-tanque

TABELA 9 – CODIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS (continuação)

Resíduo	Descrição	Origem
R35ES1	Arames	matéria-prima goma resina
R36ES1	Papel filtro com goma	filtragem
R37ES1	Cartucho 50 com goma	filtro
R38ES1	Cartucho 10 com goma	filtro
R39ES2	Água de processo	tanques de lavagem goma
R40ES1	Borra	processo goma resina
R41ES1	Pano de filtragem	reator/destilador
R42ES2	Carvão ativado	ETE
R43ES2	Mistura de cal e polímero	ETE

Os resíduos de fase gasosa: R04CS1- vapor excedente da caldeira e o R08CS1- purgas dos fornos não foram quantificados, pois tratam-se de vapor d'água e portanto não apresentam restrição na sua emissão, tampouco risco. Seu valor pode ser desprezado, pois a sua fonte de geração é proveniente dos gases de combustão da queima dos fornos, sendo esta energia excedente do processo e sem custo representativo para a empresa. Outro motivo é o fato de R04CS1 e R08CS1 serem resíduos de fase gasosa e a sua quantificação torna-se mais complexa e dispendiosa. O R08CS1, por exemplo, é um resíduo detectado em catorze purgas, cada qual proveniente da saída de fornos distintos e interligados.

Os resíduos de fase líquida são em número de quatro, sendo: R21CS3- água de lavagem, R39ES2- água de processo, R40ES1- borra e R43ES2- mistura cal e polímero. Todos os outros trinta e sete resíduos quantificados são sólidos. No total quarenta e um resíduos foram quantificados e usados no Modelo Matemático de Priorização de Resíduos de Cercal.

A Tabela 10 relaciona o setor produtivo e a quantidade de resíduos quantificada no mesmo. Pode-se observar que o número de resíduos detectados por setor não tem muita variação, com exceção do setor 02 da unidade de goma resina que apresenta apenas três resíduos: R39ES2- água de processo, R42ES2- carvão ativado e R43ES2- mistura de cal e polímero.

TABELA 10 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS ENCONTRADOS POR SETOR

Setor produtivo	Número de resíduos
Unidade - CARVÃO ATIVADO	
01 – Ativação	10
02 – Beneficiamento	08
03 – Lavado/impregnado	11
Unidade - GOMA RESINA	
01 – Processo	09
02 – Estação de tratamento de águas residuárias	03

4.2 PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS UTILIZANDO O MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO POR CERCAL

O modelo proposto por CERCAL (2000) trata cada resíduo de acordo com as diferentes possibilidades de disposição final e analisa três aspectos básicos: análise do resíduo por valor, análise do resíduo por risco e análise por facilidade de minimização. Sendo assim, o modelo não propõe uma solução única e global e sim três análises diferentes e independentes entre si. Porém uma solução global pode ser obtida levando-se em consideração a estratégia da empresa, sua Política Ambiental e sua situação financeira.

4.2.1 Análise dos resíduos por valor

Considerando as classes de destinação da tabela 03 do item 2.3 propostas por CERCAL(2000), elaborou-se a Tabela 11 que relaciona a quantidade de resíduos e a disposição atual dada pela empresa.

TABELA 11 – RELAÇÃO ENTRE CLASSES DE DESTINAÇÃO E NÚMERO DE RESÍDUOS

Classes de destinação	Características	Número de resíduos
1A	Reutilização direta do resíduo em sua função original na fonte	04
1C	Reutilização direta do resíduo em sua função original em outra unidade na mesma fábrica	01
1D	Reutilização direta do resíduo em sua função original em outra fábrica	02
2D	Reutilização direta do resíduo com função diferente da original em outra fábrica	03
3C	Reutilização direta após beneficiamento em sua função original em outra unidade na mesma fábrica	01
4B	Reutilização direta, após beneficiamento, em função diferente da original na mesma unidade produtiva.	01
6B	Disposição final inadequada na mesma unidade produtiva	26
7	Resíduo sem disposição definida	03

Pode-se observar que vinte e seis resíduos, que perfaz 63,41% do total, estão classificados como classe de destinação 6B que indica disposição final inadequada na unidade produtiva. Somente 29,27% estão classificados nas categorias 1A, 1C, 1D, 2D, 3C e 4B que indicam a reutilização direta, sendo que 58,33% destes são materiais recicláveis e 7,32% dos resíduos estão sem disposição definida.

Os resíduos recicláveis: R06CS1- bombonas plásticas, R17CS2- papelão, R19CS2- plástico são atualmente vendidos, porém como não há uma coleta seletiva eficiente na empresa o valor pago é abaixo do mercado.

Os resíduos foram quantificados (W_{total}), conforme descrito no item 3- Material e Métodos, e seus valores em quilogramas por ano são apresentados na Tabela 12. Estão também presentes na tabela os parâmetros matemáticos gerais: Ω que representa a relação do resíduo com o processo, ξ_B que representa a classe de destinação atual dada a cada resíduo, K que é a constância de geração de acordo com o estabelecido por CERCAL (2000) na Tabela 03 e na Tabela 04 do item 2.3.

TABELA 12 – ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR VALOR: CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SEUS PARÂMETROS MATEMÁTICOS

Resíduo	Ω	K_{jk}	$\Delta\%_i$	Destinação	ξ_B	$W_{total}(Kg/ano)$
R01CS1	0,8	0,9	0	6B	-1,20	707.879,08
R02CS1	0,8	0,9	0	6B	-1,20	7.898,18
R03CS1	1,2	0,9	0	6B	-1,20	18.288,05
R05CS1	0,8	1,1	0	7	-1,80	12,00
R06CS1	1,0	1,1	0	7	-1,80	12,00
R07CS1	1,2	0,9	0	1A	+1,00	8.196,00
R09CS1	0,8	0,9	0	6B	-1,20	13.190,77
R10CS1	0,8	1,0	0	6B	-1,20	41.220,00
R11CS1	0,8	0,9	0	6B	-1,20	156.184,36
R12CS2	1,2	1,0	0	1D	+0,92	1.080,00
R13CS2	0,8	0,9	0	6B	-1,20	4.536,00
R14 CS2	1,0	0,9	0	6B	-1,20	894,00
R15CS2	0,8	1,0	0	1A	+1,00	78.670,00
R16CS2	0,8	1,0	0	6B	-1,20	28.403,20
R17CS2	1,0	1,0	0	2D	+0,82	286,00
R18CS2	1,0	1,0	0	2D	+0,82	2,00
R19CS2	1,0	1,0	0	2D	+0,82	132,00
R20CS3	1,0	0,9	0	6B	-1,20	7.700,00
R21CS3	0,8	1,1	0	6B	-1,20	6.358,63
R22CS3	1,0	1,0	0	6B	-1,20	1,80
R23CS3	1,0	1,0	0	6B	-1,20	38,27
R24CS3	1,0	1,0	0	6B	-1,20	216,76
R25CS3	1,0	0,9	0	6B	-1,20	45.080,00
R26CS3	1,0	0,9	0	6B	-1,20	6.120,00
R27CS3	1,0	0,9	0	6B	-1,20	540,00
R28CS3	1,0	1,1	0	1C	+0,95	36.320,00
R29CS3	1,2	0,9	0	4B	+0,45	1.800,00
R30CS3	0,8	0,9	0	7	-1,80	47.340,00
R31CS1	1,0	1,1	0	1A	+1,00	37,80
R32ES1	0,8	1,1	0	1D	+0,92	160.957,95
R33ES1	0,8	1,1	0	6B	-1,20	52.581,90
R34ES1	0,8	0,9	0	6B	-1,20	69.480,18
R35ES1	1,2	1,0	0	6B	-1,20	1.609,58
R36ES1	1,0	1,0	0	6B	-1,20	1.044,00
R37ES1	1,0	1,0	0	6B	-1,20	130,90
R38ES1	1,0	1,0	0	6B	-1,20	641,30
R39ES2	0,8	1,1	0	3C	+0,75	2.782,80
R40ES1	0,8	0,9	0	1A	+1,00	9.000,00
R41ES1	1,0	0,9	0	6B	-1,20	368,93
R42ES2	1,2	0,9	0	6B	-1,20	11.966,04
R43ES2	1,2	1,0	0	6B	-1,20	4.156,00

BERGLUND e LAWSON (1991) definiram três categorias de resíduos, conforme o grau de variação das quantidades de geração dos mesmos. Quando o resíduo é gerado em quantidades fixas é chamado de resíduos fixos, quando a

quantidade do resíduo varia são os resíduos variáveis e para os casos intermediários tem-se os resíduos semi-fixos. CERCAL (2000) definiu valores para a constância de geração em: $K= 1,1$ para resíduos fixos; $K=1,0$ para resíduos semi-fixos e $K= 0,9$ para resíduos variáveis.

Os resíduos cuja forma como são gerados estão diretamente relacionados com o processo produtivo foram considerados intrínsecos ($\Omega = 0,8$), aqueles para os quais essa relação é indireta são considerados semi-intrínsecos ($\Omega = 1,0$) e quando não há relação aparente são considerados extrínsecos ($\Omega = 1,2$).

Os valores de alteração percentual do valor admissível, $\Delta\%_i$, foram considerados zero (valor mínimo) para todos os resíduos tendo em vista não haver variação significativa de composição.

Dos quarenta e um resíduos quantificados vinte e nove que representam 70,74% sofrem destinações ambientalmente impróprias que são representadas pelos valores “ ξ_B ” negativos ($\xi_B < 0$). Já os “ ξ_B ” positivos ($\xi_B > 0$) indicam que o resíduo tem destinação ambientalmente aceitável, mas não necessariamente a mais correta. As designações ambientalmente impróprias ou ambientalmente aceitáveis foram estabelecidas por CERCAL(2000) em seu modelo.

Os valores de correção δ^+ e δ^- foram calculados a partir das equações (13) e (14), respectivamente e constituem a unificação da correção pela viabilidade técnica ($K.\Omega$) com a correção pela hierarquia de prioridades de minimização de resíduos representada pelo IPHMR (ξ_B). O $\$_{total}$ foi calculado pela equação(15).

Na análise por valor a ordem é estabelecida pelo resíduo que possui o menor $\$_{total}$, ou seja, o resíduo que representa, no momento atual, o maior prejuízo na empresa. Os valores positivos de $\$_{total}$ representam lucro para a empresa, sendo que quanto mais positivo maior será o lucro.

A Tabela 13 apresenta os resultados para a análise de valor.

TABELA 13 – ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR VALOR: RESULTADOS

Resíduo	(K* Ω)	ζ _B	δ ⁺	δ ⁻	\$ _{corrigido}	\$ _{total}	Ordem
R01CS1	0,72	-1,20	-0,28	1,58	-0,05	-33.427,62	1
R02CS1	0,72	-1,20	-0,28	1,58	-0,01	-65,82	21
R03CS1	1,08	-1,20	-0,19	2,38	-0,03	-508,00	16
R05CS1	0,88	-1,80	-0,91	2,46	-0,12	-1,42	27
R06CS1	1,10	-1,80	-0,73	3,08	-0,09	-1,13	28
R07CS1	1,08	+1,00	1,85	0,00	0,56	4.453,33	36
R09CS1	0,72	-1,20	-0,28	1,58	-0,08	-1.099,23	10
R10CS1	0,80	-1,20	-0,25	1,76	-0,08	-3.091,50	4
R11CS1	0,81	-1,20	-0,25	1,78	-0,10	-17.353,83	3
R12CS2	1,20	+0,92	1,60	0,10	0,21	224,64	34
R13CS2	0,72	-1,20	-0,28	1,58	-0,11	-504,00	17
R14CS2	0,90	-1,20	-0,22	1,98	-0,09	-79,47	20
R15CS2	0,80	+1,00	2,50	0,00	1,00	78.670,00	41
R16CS2	0,80	-1,20	-0,25	1,76	-0,10	-2.840,32	6
R17CS2	1,00	+0,82	1,82	0,18	0,24	67,67	33
R18CS2	1,00	+0,82	1,82	0,18	0,02	0,04	30
R19CS2	1,00	+0,82	1,82	0,18	0,24	31,23	31
R20CS3	0,90	-1,20	-0,22	1,98	-0,03	-256,27	18
R21CS3	0,88	-1,20	-0,23	1,94	-0,27	-1.734,17	8
R22CS3	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-0,10	-0,18	29
R23CS3	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-0,10	-3,83	26
R24CS3	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-0,10	-21,68	24
R25CS3	0,80	-1,20	-0,25	1,76	-0,08	-3.005,33	5
R26CS3	0,90	-1,20	-0,22	1,98	-0,09	-544,00	15
R27CS3	0,90	-1,20	-0,22	1,98	-0,09	-50,40	22
R28CS3	1,10	+0,95	1,77	0,06	0,18	6.438,55	37
R29CS3	1,08	+0,45	1,34	0,59	0,27	483,33	35
R30CS3	0,72	-1,80	-1,11	2,02	-0,06	-2.630,00	7
R31CS1	1,10	+1,00	1,82	0,00	0,91	34,36	32
R32ES1	0,88	+0,92	2,18	0,07	0,11	17.559,05	40
R33ES1	0,88	-1,20	-0,23	1,94	-0,03	-1.434,05	9
R34ES1	0,72	-1,20	-0,28	1,58	-0,33	-23.160,06	2
R35ES1	1,20	-1,20	-0,17	2,64	-0,01	-13,41	25
R36ES1	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-0,55	-576,29	14
R37ES1	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-1,04	-136,14	19
R38ES1	1,00	-1,20	-0,20	2,20	-1,28	-820,86	12
R39ES2	0,88	+0,75	1,99	0,22	2,39	6.640,77	38
R40ES1	0,72	+1,00	2,78	0,00	1,72	15.500,00	39
R41ES1	0,90	-1,20	-0,22	1,98	-0,09	-32,79	23
R42ES2	1,08	-1,20	-0,19	2,38	-0,07	-886,37	11
R43ES2	1,20	-1,20	-0,17	2,64	-0,17	-692,67	13

Salienta-se que 29,27% dos resíduos representam lucro para a empresa. Por exemplo: R07CS1- cavaco seco, R31CS1- entulho, R39ES2- água de processo e R15CS2- finos do carvão ativado (maior lucro) que são reutilizados no processo. O

resíduo R29CS3- paletes é reaproveitado como biomassa para a caldeira e gera também lucro para a empresa. Os resíduos R12CS2- embalagem de ácido fosfórico, R17CS2- papelão, R18CS2- barbante, R19CS2- plástico são vendidos e outros que representam lucro são: R28CS1- sacos de rafia, R32ES1- tambores metálicos que retornam ao fornecedor, sem custo de transporte. E por fim o R40ES1- borra que é reprocessado pela empresa.

Dos dez resíduos prioritários, de acordo com a análise de valor, oito são da unidade de carvão ativado (C) sendo quatro do setor 01- ativação física, um do setor 02- beneficiamento e três do setor 03- lavado/impregnado. Somente dois são da unidade de processamento da goma resina (E) do setor 01- processo e nenhum do setor 02- ETE da resinagem.

Outra análise a ser feita é comparando-se a quantidade de resíduos gerado por setor, dada pela Tabela 10, e aqueles que foram determinados como os dez mais prioritários por valor. Na unidade de carvão ativado: 40% dos resíduos gerados no setor 01 são considerados entre os mais prioritários; 27,27% do setor 03 e apenas 12,5% do setor 02. Já na unidade de processamento de goma resina 22,22% do setor 01 estão entre os dez mais prioritários e nenhum do setor 02.

4.2.2 Análise dos resíduos por riscos

O risco global do resíduo é diretamente proporcional ao número de perguntas da análise por riscos cuja resposta é “em potencial” e é inversamente proporcional à classificação do resíduo conforme a sua periculosidade (II).

De acordo com CERCAL (2000, p.44) outro critério que define a classificação inicial e definitivamente do resíduo como essencialmente prioritário é a resposta “já ocorreu” às perguntas da análise de risco.

A Tabela 14 fornece as respostas obtidas para as perguntas da análise de risco e a periculosidade de cada resíduo.

TABELA 14– ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR RISCOS: RESPOSTAS AS PERGUNTAS DA ANÁLISE

Resíduo	Existem dados?	Danos à saúde?	Reclamações?	Penalizações?	II	Classificado como prioritário inicialmente?
R01CS1	Não	em potencial	em potencial	em potencial	3	Não
R02CS1	Não	em potencial	em potencial	em potencial	3	Não
R03CS1	Não	Isento	Isento	isento	3	Não
R05CS1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R06CS1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R07CS1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R09CS1	Não	em potencial	em potencial	isento	3	Não
R10CS1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R11CS1	Não	em potencial	em potencial	já ocorreu	2	Sim, penalidade
R12CS2	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R13CS2	Não	em potencial	em potencial	em potencial	2	Não
R14CS2	Não	em potencial	em potencial	em potencial	2	Não
R15CS2	Não	isento	Isento	isento	2	Não
R16CS2	Não	isento	Isento	isento	2	Não
R17CS2	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R18CS2	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R19CS2	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R20CS3	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R21CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R22CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R23CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R24CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R25CS3	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R26CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R27CS3	Não	em potencial	Isento	isento	2	Não
R28CS3	Sim	isento	Isento	isento	3	Não
R29CS3	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R30CS3	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R31CS1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R32ES1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R33ES1	Não	em potencial	em potencial	já ocorreu	2	Sim, penalidade
R34ES1	Não	em potencial	em potencial	em potencial	3	Não
R35ES1	Não	isento	Isento	isento	3	Não
R36ES1	Sim	em potencial	em potencial	em potencial	2	Não
R37ES1	Sim	em potencial	em potencial	em potencial	2	Não
R38ES1	Sim	em potencial	em potencial	em potencial	2	Não
R39ES2	Sim	isento	Isento	isento	2	Não
R40ES1	Não	isento	Isento	isento	2	Não
R41ES1	Não	isento	Isento	isento	2	Não
R42ES2	Não	isento	Isento	isento	2	Não
R43ES2	Não	isento	Isento	isento	2	Não

Os resíduos R11CS1- pó do ativado peneiramento e R33ES1- plástico com goma foram definidos diretamente como prioritários, pois receberam uma resposta “já ocorreu” a pelo menos uma das perguntas da análise de risco.

Quanto à questão de danos à saúde receberam a classificação “em potencial” os resíduos: R01CS1- finos da matéria-prima não crua, R02CS1- finos da matéria-prima crua, R09CS1- finos do ativado, R11CS1- pó do ativado peneiramento, R13CS2- pó do ativado beneficiamento, R14CS2- pó da embalagem. Isto ocorre, pois estes resíduos estão presentes como material particulado em suspensão no ar e não há atualmente nenhum sistema de filtro a fim de removê-los ou de silo para acondicionamento, havendo após um determinado tempo a sua decantação ao solo. O controle e o monitoramento do material particulado faz-se necessário de acordo com a Resolução Sema 041 de 09/12/2002 que “define critérios para o controle da qualidade do ar” e que em seu artigo 1º define esses critérios “a fim de garantir a proteção da saúde e bem estar da população”. Estes mesmos resíduos também apresentaram a resposta “em potencial” para reclamações dos vizinhos, ou seja, da população limdeira de um conjunto habitacional próximo à fábrica.

Ainda em relação a danos à saúde R26CS3- pó de varrição, R27CS3- pó embalagem lavado apresentaram a resposta “em potencial”, porém não apresentaram problemas em relação à vizinhança.

Já os resíduos R36ES1- papel filtro com goma, R37CS1- cartucho 50 com goma e R38ES1- cartucho 10 com goma, apresentaram resposta “em potencial” aos três quesitos devido a queima a céu aberto dos mesmos, prática também proibida de acordo com a Resolução Sema 041/02. Estes resíduos são classificados como II-A, de acordo com a NBR 10004, ABNT (2005) e com isto poderiam ser dispostos em aterro industrial.

Considerou-se também o R21CS3- água de lavagem como “em potencial” ao risco à saúde devido a falta de tratamento deste efluente e ao seu pH ácido.

Os resíduos R22CS3- finos do impregado 1, R23CS3- finos do impregnado 2 e R24CS3- finos do impregnado 3 foram considerados “em potencial” quanto ao risco à saúde, pois dois deles contém pequenas quantidades de metais em sua formulação e o terceiro contém um constituinte nocivo à saúde. A Tabela 15 apresenta os resultados

da análise de risco.

TABELA 15 – ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR RISCOS: VALORES ATRIBUÍDOS E RESULTADOS DA ANÁLISE

Resíduo	Existem dados?	Danos à saúde?	Reclamações?	Penalizações?	ΣQ_{jk}	II	R	Ordem
R01CS1	Não	4	2	1	7	3	2,33	8
R02CS1	Não	4	2	1	7	3	2,33	10
R03CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	24
R05CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	28
R06CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	29
R07CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	36
R09CS1	Não	4	2	0	6	3	2,00	12
R10CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	18
R11CS1	Não	4	2	Prioritário	6	2	3,00	6
R12CS2	Não	0	0	0	0	3	0,00	34
R13CS2	Não	4	2	1	7	2	3,50	3
R14CS2	Não	4	2	1	7	2	3,50	5
R15CS2	Não	0	0	0	0	2	0,00	41
R16CS2	Não	0	0	0	0	2	0,00	20
R17CS2	Não	0	0	0	0	3	0,00	33
R18CS2	Não	0	0	0	0	3	0,00	30
R19CS2	Não	0	0	0	0	3	0,00	31
R20CS3	Não	0	0	0	0	3	0,00	25
R21CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	11
R22CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	17
R23CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	16
R24CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	15
R25CS3	Não	0	0	0	0	3	0,00	19
R26CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	13
R27CS3	Não	4	0	0	4	2	2,00	14
R28CS3	Sim	0	0	0	0	3	0,00	37
R29CS3	Não	0	0	0	0	3	0,00	35
R30CS3	Não	0	0	0	0	3	0,00	21
R31CS1	Não	0	0	0	0	3	0,00	32
R32ES1	Não	0	0	0	0	3	0,00	40
R33ES1	Não	4	2	Prioritário	6	2	3,00	7
R34ES1	Não	4	2	1	7	3	2,33	9
R35ES1	Não	0	0	0	0	3	0,00	27
R36ES1	Sim	4	2	1	7	2	3,50	2
R37ES1	Sim	4	2	1	7	2	3,50	4
R38ES1	Sim	4	2	1	7	2	3,50	1
R39ES2	Sim	0	0	0	0	2	0,00	38
R40ES1	Não	0	0	0	0	2	0,00	39
R41ES1	Não	0	0	0	0	2	0,00	26
R42ES2	Não	0	0	0	0	2	0,00	22
R43ES2	Não	0	0	0	0	2	0,00	23

Como na análise por riscos houveram valores iguais atribuídos a resíduos distintos optou-se pelo critério de priorização proposto por TIMOFIECSYK (2001) que se utiliza da análise de valor para o desempate. Com isso os resíduos R36ES1 e R14CS2 que obtiveram o mesmo valor na análise de risco, porém como o R36ES1 obteve um melhor resultado na análise de valor ele é considerado mais prioritário do que o R14CS2.

Dos dez resíduos prioritários, de acordo com a análise de risco, cinco são da unidade de carvão ativado (C) sendo três do setor 01- ativação física e dois do setor 02- beneficiamento. Os outros cinco resíduos são da unidade de processamento da goma resina (E) sendo todos do setor 01- processo.

Outra análise a ser feita é comparando-se a quantidade de resíduos gerada por setor, dada pela Tabela 10 e aqueles que foram determinados como os dez mais prioritários por risco. Na unidade de carvão ativado: 30% dos resíduos gerados no setor 01 são considerados entre os mais prioritários e 25% do setor 02. Já na unidade de processamento de goma resina 55,55% dos resíduos do setor 01 estão entre os dez mais prioritários.

4.2.3 Análise dos resíduos pela facilidade de minimização

Para executar a análise do resíduo por facilidade de minimização, o modelo de Cercal considera doze questões cujos pesos são estabelecidos, no caso de afirmativo a cada questão. As questões bem como os seus pesos estão descritas na Tabela 07. De acordo com o modelo de Cercal, as perguntas cujas respostas sejam “sim” representam o aspecto desfavorável à minimização e receberam um peso positivo e aquelas cujas respostas “sim” representam aspectos favoráveis receberam pesos negativos. Portanto quanto menor for o valor da facilidade global de minimização mais fácil será para minimizá-lo. A Tabela 16 apresenta as respostas das perguntas da análise por facilidade de minimização.

TABELA 16- ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO: RESPOSTAS AS PERGUNTAS

Resíduo	Parar Equipam.	Parar Processo	Parar Unidade	Modificar Equipam.	Modificar Processo	Modificar unidade	Implantar Equipamento	Implantar Processo	Implantar Unidade	Tecnologia Disponível	Mão-de-obra disponível	Recurso disponível
R01CS1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R02CS1	1	2	0	2	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	0
R03CS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R05CS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R06CS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R07CS1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R09CS1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R10CS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R11CS1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R12CS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R13CS2	1	2	0	0	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	0
R14CS2	1	2	0	0	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	0
R15CS2	1	2	0	0	4	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R16CS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R17CS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R18CS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R19CS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R20CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R21CS3	0	0	0	0	0	0	0	8	0	-10,1	-7,1	0

TABELA 16 – ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO: RESPOSTAS AS PERGUNTAS (continuação)

Resíduo	Parar Equipam.	Parar Processo	Parar Unidade	Modificar Equipam.	Modificar Processo	Modificar unidade	Implantar Equipamento	Implantar Processo	Implantar Unidade	Tecnologia Disponível	Mão-de-obra disponível	Recurso disponível
R22CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R23CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R24CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R25CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R26CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R27CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R28CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R29CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R30CS3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R32ES1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R33ES1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R34ES1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R35ES1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R36ES1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	-10,1	-7,1	0
R37ES1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	-10,1	-7,1	0
R38ES1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
R39ES2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R40ES1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	-15,1
R41ES1	0	0	0	0	0	0	0	8	0	-10,1	-7,1	0
R42ES2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10,1	-7,1	0
R43ES2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	-10,1	-7,1	-15,1

A Tabela 17 apresenta os resultados da análise por facilidade de minimização.

TABELA 17 – ANÁLISE DOS RESÍDUOS POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO: CÁLCULO DOS PARÂMETROS E RESULTADO DA ANÁLISE				
Resíduo	ΣF_{jk}	CM_{JK}	F	ORDEM
R01CS1	-28,30	2	-14,50	19
R02CS1	-8,20	2	-4,10	30
R03CS1	-32,30	2	-16,15	14
R05CS1	-32,30	1	-32,30	2
R06CS1	-32,30	1	-32,30	3
R07CS1	-14,20	2	-7,10	26
R09CS1	-15,20	3	-5,07	29
R10CS1	-32,30	2	-16,15	10
R11CS1	-13,20	4	-3,30	32
R12CS2	-32,30	1	-32,30	7
R13CS2	-10,20	3	-3,40	31
R14CS2	3,80	3	-2,73	34
R15CS2	-10,20	2	-5,10	28
R16CS2	-32,30	2	-16,15	12
R17CS2	-32,30	1	-32,30	6
R18CS2	-32,30	1	-32,30	4
R19CS2	-32,30	1	-32,30	5
R20CS3	-32,30	2	-16,15	15
R21CS3	-9,20	4	-2,30	35
R22CS3	0,00	3	0,00	41
R23CS3	0,00	3	0,00	40
R24CS3	0,00	3	0,00	39
R25CS3	-32,30	2	-16,15	11
R26CS3	-17,20	2	-8,60	24
R27CS3	-17,20	2	-8,60	25
R28CS3	-32,30	1	-32,30	8
R29CS3	-32,30	2	-16,15	17
R30CS3	-32,30	2	-16,15	13
R31CS1	-32,30	2	-16,15	16
R32ES1	-32,30	2	-16,15	18
R33ES1	-28,30	2	-14,15	20
R34ES1	-32,30	2	-16,15	9
R35ES1	-32,30	1	-32,30	1
R36ES1	-9,20	4	-2,30	37
R37ES1	-9,20	4	-2,30	38
R38ES1	-9,20	4	-2,30	36
R39ES2	-26,30	3	-8,77	23
R40ES1	-29,30	3	-9,77	22
R41ES1	-9,20	3	-3,07	33
R42ES2	-17,20	3	-5,73	27
R43ES2	-28,30	2	-14,15	21

O valor de F foi calculado de acordo com a equação (19), pois não houve a ocorrência de nenhum valor de $\Sigma F_{jk} > 0$ que justificasse o uso da equação (18). A variável W_k foi considerada um para todos os resíduos, esse valor representa que o percentual do resíduo gerado para cada produto é sempre 100%. Assim como a variável Z_k que representa o percentual do resíduo gerado para cada equipamento e cada produto e também é sempre 100%.

Como na análise pela facilidade de minimização também houveram valores iguais atribuídos a resíduos distintos, optou-se novamente pelo critério de priorização proposto por TIMOFIECSYK (2001) que se utiliza da análise de valor para o desempate. Com isso os resíduos R03CS1 e R34ES1 que obtiveram o mesmo valor na análise da facilidade de minimização, porém como o R34ES1 obteve um melhor resultado na análise de valor ele é considerado mais prioritário do que o R03CS1.

Dos dez resíduos prioritários, de acordo com a análise de facilidade de minimização, seis são da unidade de carvão ativado sendo apenas um do setor 01-ativação física, um resíduo do setor 02- beneficiamento e quatro do setor 03-lavado/impregnado. Os outros quatro resíduos são da unidade de processamento da goma resina sendo todos do setor 01- processo.

4.3 SELEÇÃO DOS RESÍDUOS PRIORITÁRIOS

As análises de prioridades de minimização devem ser feitas separadamente, como sugere o método matemático.

Com isso, os dados obtidos compõem a Tabela 18 para que se tenha um panorama geral das três análises de forma a permitir uma melhor seleção dos resíduos que serão os prioritários para a minimização em uma tomada de decisão.

TABELA 18 – COMPARAÇÃO ENTRE OS RESÍDUOS: ANÁLISE POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO, ANÁLISE POR VALOR E ANÁLISE POR RISCOS

RESÍDUO	ANÁLISE POR VALOR	ANÁLISE POR RISCO	ANÁLISE POR FACILIDADE
R01CS1	1	8	19
R02CS1	21	10	30
R03CS1	16	24	14
R05CS1	27	28	2
R06CS1	28	29	3
R07CS1	36	36	26
R09CS1	10	12	29
R10CS1	5	18	10
R11CS1	3	6	32
R12CS2	34	34	7
R13CS2	17	3	31
R14CS2	20	5	34
R15CS2	41	41	28
R16CS2	6	20	12
R17CS2	33	33	6
R18CS2	30	30	4
R19CS2	31	31	5
R20CS3	18	25	15
R21CS3	8	11	35
R22CS3	29	17	41
R23CS3	26	16	40
R24CS3	24	15	39
R25CS3	4	19	11
R26CS3	15	13	24
R27CS3	22	14	25
R28CS3	37	37	8
R29CS3	35	35	17
R30CS3	7	21	13
R31CS1	32	32	16
R32ES1	40	40	18
R33ES1	9	7	20
R34ES1	2	9	9
R35ES1	25	27	1
R36ES1	14	2	37
R37ES1	19	4	38
R38ES1	12	1	36
R39ES2	38	38	23
R40ES1	39	39	22
R41ES1	23	26	33
R42ES2	11	22	27
R43ES2	13	23	21

Foram considerados os dez resíduos mais prioritários de cada análise realizada a fim de permitir uma seleção dos resíduos que serão objeto de um estudo de

alternativas de minimização. Estes resíduos estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 – COMPARAÇÃO ENTRE OS DEZ RESÍDUOS PRIORITÁRIOS DA ANÁLISE POR VALOR COM AS ANÁLISES: POR FACILIDADE DE MINIMIZAÇÃO E POR RISCOS

PRIORIDADE	ANÁLISE POR VALOR	ANÁLISE POR RISCO	ANÁLISE POR FACILIDADE
1	R01CS1	R38ES1	R35ES1
2	R34ES1	R36ES1	R05CS1
3	R11CS1	R13CS2	R06CS1
4	R25CS3	R37ES1	R18CS2
5	R10CS1	R14CS2	R19CS2
6	R16CS2	R11CS1	R17CS2
7	R30CS3	R33ES1	R12CS2
8	R21CS3	R01CS1	R28CS3
9	R33ES1	R34ES1	R34ES1
10	R09CS1	R02CS1	R10CS1

Nas três análises realizadas pode-se observar que não houve grande semelhança entre os resíduos apontados pelo modelo matemático como mais prioritários. Observa-se que o R34ES1- acícula com goma é o único prioritário nas três análises: ocupando a segunda posição na análise de valor e a nona posição na análise de risco e de facilidade. Já os resíduos R01CS1- finos da matéria-prima não crua, R10CS1- cinzas, R11CS1- pó do ativado peneiramento e o R33ES1- plástico com goma, estão entre os dez prioritários em duas distintas análises.

Há também na lista os resíduos: R35ES1- arames, R05CS1- barriletes, R06CS1- bombonas plásticas, R19CS2- plástico, R17CS2- papelão, R12CS2- embalagem plástica apontados como os prioritários na análise por facilidade de minimização. Este resultado já era esperado, tendo em vista serem resíduos recicláveis.

Os resíduos: R36ES1- papel filtro com goma, R37ES1- cartucho 50 com goma e R38ES1-cartucho 10 com goma estão entre os dez mais prioritários da análise por risco. Isto se deve, principalmente, por serem resíduos de classe IIA (não inerte) e terem, atualmente, disposição inadequada.

Pode-se constatar que nas análises quanto a valor e facilidade de minimização os resíduos prioritários estão, na sua grande maioria, na unidade de carvão ativado, enquanto que os de maior risco encontram-se na unidade de

processamento da goma resina. Isto ocorre, em parte, porque os resíduos gerados na unidade de carvão são em maior quantidade, porém com menor periculosidade. Já os resíduos da unidade de processamento de goma resina apresentam uma maior periculosidade, porém volumes menores de geração.

Os resíduos selecionados para um estudo de alternativas de minimização foram os dez mais prioritários de cada análise, com exceção do R28CS3- sacos de rafia, pois estes são devolvidos aos fornecedores da matéria-prima e não há custos para a empresa com transporte nesta devolução. Além deles foram incluídos os resíduos: R03CS1- cascas de pinus e R43ES2- mistura de cal e polímero por se tratarem de resíduos que podem ser agregados aos selecionados com a finalidade de incrementar a alternativa de minimização. Os resíduos selecionados estão na Tabela 20.

TABELA 20 –RESÍDUOS PRIORITÁRIOS SELECIONADOS

RESÍDUO	DESCRIÇÃO	SETOR/UNIDADE
R01CS1	Finos da matéria-prima não crua	Setor 01/Carvão ativado
R02CS1	Finos da matéria-prima crua	Setor 01/Carvão ativado
R05CS1	Barrilete	Setor 01/Carvão ativado
R06CS1	Embalagem plástica	Setor 01/Carvão ativado
R09CS1	Finos do ativado	Setor 01/Carvão ativado
R10CS1	Cinzas	Setor 01/Carvão ativado
R11CS1	Pó do ativado peneiramento	Setor 01/Carvão ativado
R12CS2	Embalagem plástica	Setor 02/Carvão ativado
R13CS2	Pó do ativado beneficiamento	Setor 02/Carvão ativado
R14CS2	Pó da embalagem	Setor 02/Carvão ativado
R16CS2	Mistura de pó e areia	Setor 02/Carvão ativado
R17CS2	Papelão	Setor 02/Carvão ativado
R18CS2	Barbante	Setor 02/Carvão ativado
R19CS1	Plástico	Setor 01/Carvão ativado
R21CS3	Água de lavagem	Setor 03/Carvão ativado
R25CS3	Cinzas das fornalhas	Setor 03/Carvão ativado
R30CS3	Tambores metálicos	Setor 03/Carvão ativado
R33ES1	Plásticos com goma	Setor 01/Goma resina
R34ES1	Acícula com goma	Setor 01/Goma resina
R35ES1	Arames	Setor 01/Goma resina
R36ES1	Papel filtro com goma	Setor 01/Goma resina
R37ES1	Cartucho 50 com goma	Setor 01/Goma resina
R38ES1	Cartucho 10 com goma	Setor 01/Goma resina
R03CS1	Cascas de pinus	Setor 01/Carvão ativado
R43ES2	Mistura cal e polímero	Setor 02/Goma resina

4.4 PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

4.4.1 Alternativa para os finos de matéria-prima

A matéria-prima carvão de *pinus* usada tem, em média, 11,22% de finos. Esta medição foi feita por amostragem. Portanto o carvão é o responsável pela quantidade de 707.879,08 kg/ano de finos da matéria-prima não crua (R01CS1). Porém cabe salientar que de todos os resíduos quantificados este é, sem dúvida, o mais importante. Pois caso este resíduo seja minimizado em sua fonte, esta ação irá não só reduzir este resíduo e como também vários outros. É importante esclarecer que os finos não conseguem serem ativados neste tipo de forno, de acordo com informações técnicas da empresa, e, portanto, ele entra e sai no processo sem constituir produto final, pode estar presente em pequenas proporções nele. Uma forma de minimizar é buscar uma matéria-prima com menor teor de finos. A empresa está tentando desenvolver junto aos seus fornecedores um insumo de melhor qualidade, porém não obteve ainda bons resultados.

A matéria-prima crua precisa ser seca e assim são gerados os seus finos (R02CS1). Essa geração é de 7.898,18 kg/ano e poderia ser minimizada caso na saída do secador seja instalado um sistema de mult ciclones e deste seja encaminhado para um silo, o que reduziria drasticamente o material particulado. Atualmente essa emissão não atende a Resolução SEMA041/02.

A alternativa estudada para estes dois resíduos é o briquete. Para isso inicialmente foi realizada uma pesquisa a literatura.

De acordo com QUIRINO (2003) a briquetagem de carvão vegetal é um processo que permite aproveitar os carvões na forma de finos, ou então, carbonizar resíduos na forma de partículas e em seguida compactá-los. O briquete é um pequeno bloco de forma pré-definida, resultante da aplicação de pressão em uma mistura de finos de carvão com um aglutinante, dentro de moldes matrizes, através de orifícios

entre cilindros rotativos. No Brasil, apesar de uma grande oferta de finos de carvão vegetal, os briquetes são pouco fabricados em função do baixo preço do carvão vegetal comum. Além disso, os equipamentos para a briquetagem de carvão vegetal não possuem linha de produção no Brasil, por isso os mesmos necessitam serem importados. Os briquetes podem ser de uso doméstico ou então siderúrgico, dependendo de suas características como: o teor de voláteis, carbono fixo, cinzas e a resistência mecânica à compressão à quente (QUIRINO, 2003).



FIGURA 16 – BRIQUETADEIRA DE PISTÃO MECÂNICO
FONTE: BIOMAX



FIGURA 17 – BRIQUETADEIRA DE ROSCA SEM-FIM, IMPORTADA DA ITÁLIA .
FONTE: ECOMEC,S.R.L.

Foi então realizada uma visita à fábrica CEPEVIL em União da Vitória que fabrica briquetes de carvão vegetal aonde a matéria-prima utilizada é basicamente o resíduo de carvoarias. O produto fabricado é especificamente para uso doméstico e a sua produção é de aproximadamente 35.000 ton/ano. O mercado externo é responsável por 80% da compra dos briquetes produzidos pela empresa.

A última etapa foi à realização de briquetes experimentalmente em laboratório. A figura 18 ilustra o briquete desenvolvido experimentalmente em laboratório usando somente resíduo de carvão e aglutinante (resíduo de petróleo).



FIGURA 18 – BRIQUETE FEITO EM LABORATÓRIO UTILIZANDO RESÍDUOS

O briquete elaborado a partir de resíduos foi patenteado e os documentos comprobatórios do processo estão em anexo.

O poder calorífico do briquete experimental foi de 4.681 kcal/kg de acordo com o laudo de análise realizado no TECPAR utilizando o método de determinação do poder calorífico, de acordo com a NBR 8.633/84. A figura 19 ilustra o calorímetro utilizado pela TECPAR para a análise do poder calorífico.



FIGURA 19 – CALORÍMETRO
FONTE: TECPAR, 2005.

A empresa já possui uma peneira, porém não a está utilizando. Caso a matéria-prima não crua (carvão vegetal) seja peneirada ela poderá ser vendida a um valor de R\$ 0,065/kg ocasionando em um lucro de R\$ 46.012,14/ano.

A matéria-prima crua precisa ser coletada de forma adequada, como já dito anteriormente, para então poder ser vendida tendo um lucro de R\$ 513,38/ano.

Estas medidas também iriam conseqüentemente reduzir o material particulado na fábrica bem como alguns resíduos gerados posteriormente no processo industrial.

4.4.2 Alternativas para os barriletes

O barrilete (R05CS1) é um tipo de embalagem de papelão rígido que possui tampa com aro metálico para uma melhor vedação. Suas dimensões são: 35 cm de diâmetro por 60 cm de altura. Ele é proveniente do produto usado no tratamento de água da caldeira (sulfito de sódio).

Sua geração é de 12 unidades por ano, porém há no almoxarifado da empresa 178 unidades vazias. Este resíduo pode ser vendido para reuso ao preço de R\$0,60 por unidade, com isso a empresa teria o lucro de R\$ 7,20 /ano e R\$ 106,80 com o estoque.

4.4.3 Alternativas para embalagens plásticas

As bombonas plásticas de 50kg (R06CS1) são provenientes do produto de tratamento de água da caldeira e são geradas 12 unidades por ano.

As bombonas plásticas de 40kg (R12CS2) são provenientes do ácido fosfórico utilizado nos moinhos e são geradas 1.080 unidades por ano.

Em média cada embalagem tem o peso de 0,30 kg e atualmente são vendidas para a recicladoras de plástico ao preço de R\$ 0,25 por kg, tendo a empresa um lucro de R\$ 81,90/ano com esta venda.

Porém o lucro seria maior se as embalagens fossem vendidas por unidade ao preço de R\$ 1,10 a bombona de 50kg e R\$1,00 a bombona de 40 kg para empresas que reutilizam a embalagem (por exemplo para confecção de lixeiras). O lucro seria de R\$ 1.093,00 por ano.

4.4.4 Alternativas para os finos do ativado

Os finos do ativado (R09CS1) são gerados na saída dos fornos de ativação. O carvão ativado sai do forno e é recebido em tambores de 200 kg, porém o vento e a

distância entre a saída dos fornos e o tambor permite a suspensão do pó no ambiente. Este resíduo deposita sob o piso e tem uma geração de 13.190 kg/ano, sendo retirado do ambiente por meio da varrição diária. Ele constitui um motivo constante de reclamação de funcionários. Em grande parte os finos da matéria-prima não crua são responsáveis pelo pó gerado nesta etapa de produção, tendo em vista que o processo de ativação da empresa somente permite a ativação da matéria-prima acima de uma determinada granulometria e os finos acabam sendo carga do sistema saindo de forma semelhante do que entraram. Reduzindo o R01CS1 provavelmente reduzirá estes finos.

Uma sugestão de baixo investimento seria acoplar a tubulação de saída dos fornos uma proteção cônica com dobradiça que se encaixe aos tambores a fim de direcionar o carvão ativado que sai do forno e evitar a pluma de pó. Outra alternativa porém, com investimento mais alto, é um sistema de captação por meio de filtros direcionando o pó a um silo.

4.4.5 Alternativas para as cinzas dos fornos e do secador

O resíduo cinzas dos fornos (R10CS1) é proveniente da limpeza dos cinzeiros dos fornos e sua é de geração de 41.220,00 kg/ano. O resíduo cinzas da fornalha (R25CS3) é proveniente da queima de lenha nas fornalhas do secador e sua geração é de 45.080,00 kg/ano. Os dois resíduos totalizam 86.300 kg/ano.

Inicialmente, buscou-se na literatura uma possibilidade para o uso dessas cinzas e segundo OSAKI e DAROLT(1991): “As cinzas vegetais , pouco utilizadas na agricultura como adubo do solo, contém cálcio, magnésio, fósforo e outros elementos que podem ter influência no desenvolvimento das plantas. Dentre estes elementos, alguns são micronutrientes essenciais para o desenvolvimento dos seres vivos, como, por exemplo, Cu, Zn, Mg, Fe, e B”.

De acordo com o CECAE (Coordenadoria Executiva de Cooperação universitária e de Atividades Especiais) da Universidade de São Paulo, as cinzas

provenientes da queima da lenha podem ser utilizadas como fonte de fósforo e potássio para as plantas e podem ainda servir como fonte neutralizadora do pH, elevando-o em caso de acidez. Para esta utilização elas podem ser aplicadas diretamente sobre o solo.

Por isso foi realizada em 17/02/2005 a análise das cinzas provenientes da fábrica no Laboratório de Solos e Engenharia Agrícola no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. A amostragem dos resíduos seguiu a norma NBR 10 007- Amostragem de resíduos da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987) e das recomendações do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná).

O laudo (em anexo) indicou bons índices de Mg, P e K e pH básico (9,0 em uma amostra e 10,00 na outra) comprovando os artigos de literatura técnica.

O lucro seria de R\$ 4.315,00/ano com a venda destas cinzas pelo valor de R\$0,05/kg. Atualmente parte das cinzas são dispostas no bosque da empresa e outra parte doada, porém não há controle por meio de nota de doação.

4.4.6 Alternativas para o pó do beneficiamento e pó da embalagem

O pó do setor de beneficiamento (R13CS2) é proveniente do processo e a sua geração é de 4.536 kg/ano.

O pó da embalagem (R14CS2) é gerado porque o carvão ativado sai da tubulação para o tambor de forma fluidizada. A distância existente entre a tubulação de saída e os tambores e a circulação de ar no ambiente ajuda a dispersar o pó no ambiente. Sua geração é de 894,00 kg/ano.

Uma sugestão de baixo investimento seria acoplar à tubulação de saída do carvão ativado beneficiado uma proteção cônica com dobradiça que se encaixe aos tambores a fim de direcionar o carvão ativado que sai e evitar a pluma de pó. Outra alternativa porém, com investimento mais alto, é um sistema de captação por meio de

filtros direcionando o pó a um silo.

Atualmente o pó de carvão, em determinadas concentrações, tem sido componente da mistura com casca de pinus para a elaboração de substrato de orquídeas, em substituição ao xaxim. Caso este resíduo seja vendido a R\$ 0,10/kg para a composição deste substrato o lucro da empresa será de R\$ 543,00/ano.

4.4.7 Alternativas para mistura de pó e areia

O resíduo mistura de pó e areia (R16CS2) tem a geração de 28.403,20 kg/ano e atualmente é disposto inadequadamente. De acordo com o laudo realizado pela empresa ele é composto de: 23,07 % de cinzas, tem umidade de 7,20 %, teor de ferro de 1840 ppm e granulometria de #325. Uma alternativa de uso seria agregá-lo na mistura do cimento, em substituição a areia, para o fechamento dos cinzeiros após a sua limpeza.

4.4.8 Alternativas para as embalagens de papel

As embalagens de papel (R17CS2) são provenientes da embalagem do carvão ativado e são gerados 286 kg/ano. Atualmente são vendidas a recicladores por R\$0,13/kg.

Na produção, próximo ao setor da embalagem, não há lixeira específica para a separação dos materiais recicláveis, não há o treinamento dos funcionários para tal atividade. Este resíduo não é separado adequadamente no seu local de geração. Existe um local coberto próprio para a separação dos recicláveis na empresa, mas não há baias para separar os materiais por tipos. Com a separação adequada o valor de venda deste resíduo pode alcançar o preço de R\$ 0,20/kg. Entretanto o benefício seria mais para a imagem da empresa do que financeiro, tendo em vista que aumentaria apenas R\$ 20,02 /ano na venda atual.

4.4.9 Alternativas para os barbantes

O barbante (R18CS2) é proveniente da embalagem do carvão ativado e é gerado durante a operação de uma máquina de costura manual. A quantidade gerada é de 2 kg/ano e não é representativa para a empresa. Como é um material inerte pode ser disposto no lixo comum.

4.4.10 Alternativas para os sacos de plástico

Os sacos plásticos de polipropileno (R19CS2) são provenientes da embalagem do carvão ativado e são gerados 132 kg/ano. A empresa atualmente vende a recicladores por R\$ 0,25/kg. Se houvesse uma separação adequada este valor poderia aumentar para R\$ 0,30/kg. Porém como a quantidade gerada é pequena o valor acrescido não é representativo para a empresa.

4.4.11 Alternativas para a água do lavador

A alternativa de minimização deste resíduo é a instalação de um circuito fechado com reuso de água. A geração desse efluente é de 6.358,63 m³/ano.

O resíduo água de lavagem (R21CS3) após gerado não possui uma correta destinação final. Antes de sua destinação, faz-se necessário o tratamento a fim de adequá-la em seus parâmetros atendendo o CONAMA 357/05. A fim de atender a legislação é necessária a instalação de uma estação de tratamento de efluentes, que inicialmente implicará em custo para a empresa. Porém a ETE permitirá o reuso desta água, minimizando a sua geração.

4.4.12 Alternativas para os tambores metálicos

Os tambores metálicos (R30CS3) são vistos por toda a fábrica, eles acondicionam desde o carvão ativado até os resíduos gerados. Após o uso constante

eles ficam deformados e faz-se necessário a sua venda para sucateiros. A geração deste resíduo é de 47.340 kg/ano. Com o valor de venda R\$ 0,20/kg o lucro será de R\$ 9.468,00/ano.

4.4.13 Alternativas para os plásticos com goma

Os plásticos com goma (R33ES1) são provenientes da embalagem da matéria-prima (goma resina). Após vertidos os tambores de goma resina no tanque pulmão, os plásticos contaminados com goma resina caracterizam um dos resíduos do processo e são gerados 52.581,90 kg/ano.

Este resíduo foi caracterizado quanto a periculosidade como classe II-A precisando ser disposto em aterro industrial. O custo de disposição é de R\$ 0,40/kg mais o custo fixo de R\$ 500,00/ mês do aluguel de uma caçamba fechada perfazendo um custo anual de R\$ 27.032,76/ano.

Não há como reduzir a quantidade gerada tendo em vista que cada tambor de matéria-prima precisa ser revestido internamente com plástico a fim de evitar a contaminação da goma.

Foram então realizados testes com este resíduo in loco. A goma resina impregnada no plástico à temperatura ambiente é um líquido pastoso esbranquiçado e de difícil remoção, porém aquecida torna-se um líquido menos viscoso e amarelado. Como há excesso de vapor gerado pela fábrica utilizou-se uma linha de vapor excedente para aquecer um tambor contendo 100 litros de terebintina (produto obtido a partir da goma resina) até atingir a temperatura de aproximadamente 35°C. Quando a terebintina atingiu a temperatura almejada, cessou o vapor e os plásticos foram lavados, a cada dez unidades, no líquido por 15 segundos. Para facilitar a lavagem os plásticos foram abertos. Após a lavagem os plásticos eram escorridos e postos para secar. Desta forma conseguiu-se retirar a goma dos plásticos tornando-os resíduos inertes e passíveis de venda para a reciclagem, além da recuperação da goma e não

geração de nenhum efluente haja vista que a terebintina retorna ao processo. Com isso foram realizadas medições para a quantificação da recuperação da goma e dos plásticos.

A empresa adotando essas medidas recuperará 3.433,77 kg de goma resina/ano e 1824,19 kg de plástico/ano. O lucro total com a recuperação da goma resina e a venda do plástico para a reciclagem (R\$ 0,50/kg) será de R\$ 5.197,44/ano além de evitar o gasto de R\$ 27.032,76/ano com disposição em aterro sendo co-responsável pelo resíduo.

4.4.14 Alternativas para as acículas com goma

As acículas são constituídas basicamente de material orgânico (folhas, insetos, ramos e cascas) e estão presentes na matéria-prima goma resina sendo retirada, em grande parte, pelo peneiramento.

Outra opção avaliada foi o teste realizado com a acícula como biomassa para iniciar o aquecimento de fornos de carbonização em substituição ao óleo diesel. O poder calorífico da acícula, de acordo com laudo feito pela empresa, é de 3095 kcal/kg. A Figura 20 ilustra as acículas.



FIGURA 20 - ACÍCULAS

Como a quantidade gerada pela empresa é de 69.480,18 kg/ano a acícula pode fornecer 214.026.368,50 kcal/ano. De acordo com PERRY e CHILTON (1980), o poder calorífico do diesel é de 10.180 kcal/kg e a sua densidade relativa varia de 0,82 a 0,88. Comparando o poder calorífico e quantidade, a economia será de 24.734,36 litros de diesel. Considerando um valor de R\$ 1,79/litro a economia será de R\$ 44.497,11/ano. É necessário, porém verificar se há demanda de tal quantidade de acícula para fornos de carbonização. O cálculo acima foi baseado na análise do preço sombra.

4.4.15 Alternativas para os arames

O arame (R35ES1) é usado para fechar o tambor de goma resina recebido. Após aberto o tambor não há a separação deste resíduo. A sua geração é de 1.609,58 kg/ano. Caso seja separado adequadamente e seja vendido por R\$ 0,20/kg o lucro será de R\$321,92/ano.

4.4.16 Alternativas para o papel filtro com goma, cartuchos 10 e 50 com goma

O resíduo papel filtro com goma (R36ES1) e os cartuchos 10(R38ES1) e 50(R37ES1) com goma são meios filtrantes usados com a finalidade de retirar os sólidos e impurezas presentes na goma resina. Faz-se necessário o seu uso e para reduzir a sua geração a goma deveria ter menos impurezas.

São gerados 1.044kg /ano de papel filtro com goma e 772,20 kg /ano de cartucho 10 e 50 com goma. Estes resíduos são classificados como II-A e devem ser dispostos em aterro industrial ou incinerados. O custo para disposição em aterro é de R\$ 0,40/kg. O custo de disposição destes resíduos é de R\$ 726,48/ano.

4.4.17 Alternativas para as cascas de *pinus*

As cascas de *pinus* (R03CS1) são provenientes das toras de *pinus* que são picotadas para serem usadas como matéria-prima do carvão ativado. Com o manuseio das toras são geradas 18.288,05 kg/ano de cascas de *pinus*.

A casca de *pinus* compostada é utilizada como componente na formulação de substratos, entretanto, seu uso não pode ser feito antes de o material passar por uma compostagem. Esta é feita primeiramente através de um choque, onde a temperatura atinge 80°C. Esta temperatura libera componentes tóxicos e elimina eventuais parasitas prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (SPERLING e SCATOLINI,2003).

A adição ao solo de resíduos orgânicos é uma opção para o manejo de doenças causadas por patógenos de solo. Benzaldeído e resíduos moídos de puerária , mucuna e casca de *pinus* podem reduzir certas doenças propagadas pelo solo, de acordo com estudo de BLUM e KABANA (2004).

A cama aviária e a casca de *pinus* são subprodutos de empresas avícolas e florestais que podem ser utilizados na melhoria da fertilidade e das propriedades físicas e químicas do solo, segundo BLUM (2003).

FIGURA 21 – CASCAS DE *PINUS*

Algumas alternativas são: a venda de casca de *pinus* embaladas em sacos de ráfia sem beneficiamento (R\$1,80/kg), casca de pinus compostada (R\$ 1,50/kg) e também casca de *pinus* misturada com pó de carvão para uso como substrato de orquidários (R\$ 5,00/kg). A empresa pode ter o lucro de R\$ 32.918,49/ano com a venda direta sem o beneficiamento. Ou então realizar a compostagem com o vapor excedente da fábrica.

4.4.18 Alternativas para a mistura de cal e polímero

O resíduo mistura de cal e polímero (R43ES2) é originado na ETE da resinagem. São gerados 4.156 kg/ano. Uma sugestão é a reutilização desta mistura para ajuste do pH da água residuária (ácida) do lavador que atualmente não é tratada.

4.4.19 Alternativa para o pó do ativado gerado no peneiramento

Na saída da 3ª fase (zona de resfriamento) o carvão ativado está com uma alta temperatura, aproximadamente 600 °C e portanto ainda está queimando quando sai dos fornos. A fase de resfriamento deveria reduzir mais a temperatura do carvão ativado e

como isso não ocorre há uma perda de produção ocasionando a formação do pó. Quando o carvão ativado está na temperatura ambiente ele é peneirado e esse pó é então quantificado. Devido ao seu teor de cinzas acima do requerido pelo padrão de qualidade da empresa, ele não é utilizado para as próximas etapas do processo e constitui-se resíduo de processo chamado de: pó do ativado peneiramento (R11CS1). São gerados 156.184,36 kg/ano deste resíduo.

Para minimizar a geração deste resíduo faz-se necessário melhorar a eficiência da zona de resfriamento do forno para que o carvão saia do mesmo a uma temperatura menor. Foram estudadas possibilidades de minimização e uma alternativa levantada foi o processo instalado na empresa CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) no Espírito Santo que tem um sistema de resfriamento que permite uma redução de 500°C da temperatura do carvão mineral na saída dos fornos. No caso da empresa estudada é utilizado o carvão vegetal e é necessário levantar a possibilidade econômica e técnica de implantação de um sistema similar de resfriamento.

Porém uma alternativa de uso deste resíduo é na estação de tratamento de efluentes. Atualmente é utilizado na ETE da empresa os finos de carvão ativado de babaçu proveniente da mesma geração no processo. Como não é um carvão de alta eficiência e capacidade de adsorção seu valor agregado reduz para R\$ 1,00/kg. Caso esta alternativa seja utilizada pela empresa o lucro seria de R\$ 156.184,36 / ano.

Pode também ser utilizado visando diminuir custos de tratamento das águas residuárias da lavagem do carvão (R21CS3) que atualmente não é feita.

CONCLUSÕES

As duas unidades produtivas estudadas: a produção de carvão ativado e o processamento de goma resina, podem ser otimizadas com o uso das técnicas de minimização de resíduo.

Algumas idéias explanadas nos resultados provêm da reflexão e análise dos dois processos industriais durante o levantamento inicial de dados sobre a geração dos resíduos.

A ficha de resíduos proposta por LEITE (2003) facilitou o levantamento de dados adequando-os para uso no modelo matemático proposto por CERCAL (2000). Este apresentou -se como uma excelente ferramenta para a priorização de resíduos.

A metodologia de priorização de resíduos foi de grande valia para a análise dos resultados tendo em vista que o modelo usado analisa de forma independente três aspectos de suma relevância: valor do resíduo, facilidade de minimização e risco ambiental.

Reflexo disso é que, caso a empresa adote as alternativas de minimização propostas, para os dezenove resíduos prioritários de geração total de 994, 53 ton /ano, por este estudo o lucro obtido será de R\$ 299.742,26 por ano e de mais R\$ 145.557,90 relativo ao acúmulo de resíduos na empresa. Além de diminuir os riscos de danos ao meio ambiente, à saúde dos trabalhadores e a comunidade.

Nas alternativas levantadas na unidade de carvão ativado está o processo de briquetagem, muito usual no mercado externo e pouco difundido no Brasil e que no caso deste estudo representa 15,35 % do lucro. O briquete pode ser uma alternativa para substituição do combustível fóssil para o renovável em algumas indústrias. Outra alternativa proposta foi o uso do pó do peneiramento como adsorbente em ETE que, atualmente, constitui (em peso) 14,63% dos resíduos prioritários gerados e também grande parte do resíduo estocado na empresa. O reaproveitamento das cascas de *pinus* foi sugerido como substituto do xaxim para cultivo de orquídeas, entre outras espécies.

Portanto um resíduo que substitui uma espécie que precisa ser preservada. E também as cinzas provenientes da queima dos fornos e fornalhas podem ser substitutas, em parte, da cal para a correção do solo.

Nas alternativas levantadas na unidade de processamento de goma resina é conveniente salientar que os plásticos com goma podem ser minimizados gerando um lucro anual de R\$ 5.197,44 e evitando um gasto de R\$ 27.032, 76 por ano de disposição em aterro industrial. Note que a alternativa sugerida, neste caso, elimina a toxicidade do resíduo promovendo um ganho ambiental ainda maior, além de reciclar as acículas como biomassa.

Portanto o modelo matemático de priorização de resíduos proposto por CERCAL (2000) e que já foi utilizado por LEITE (2003) e SOUZA(2005) com bons resultados, constitui uma excelente ferramenta de minimização e deveria ser utilizado mais amplamente em sistemas de gerenciamento ambiental.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a realização de trabalhos futuros sugere-se:

- Otimizar a geração de finos após a ativação, desenvolvendo um sistema mais eficiente de resfriamento na terceira fase dos fornos de ativação.
- Desenvolver projeto para tratamento da água proveniente da lavagem ácida do carvão ativado.
- Desenvolver projeto de reutilização do vapor excedente das caldeiras e das purgas.
- Desenvolver projeto para peletização dos finos de carvão ativado.
- Desenvolver projeto para o aproveitamento da água da chuva.
- Desenvolver projeto para a lavagem dos plásticos com goma em maior escala.
- Avaliar a geração de poluentes atmosféricos nos fornos de ativação e nas caldeiras.
- Estudar a instalação de filtros no setor de ativação e beneficiamento para evitar os particulados.
- Implantar as alternativas propostas e avaliar os resultados.
- Estudar novas possibilidades de uso para os finos do peneiramento do ativado.
- Desenvolver software para o gerenciamento de resíduos englobando o levantamento dos resíduos, a caracterização e a priorização dos mesmos, baseado no modelo de Cercal.
- Aprimorar o modelo de Cercal quanto à análise de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO DE RESINEIROS DO BRASIL (ARESB). Disponível em: < <http://www.aresb.com.br>> Acesso em: 15 out. 2003.

AINSCOUGH, A N.; DOLLIMORE, D.; Adsorption Capacity of Molecular Sieve Type Carbons. Kiselev Memorial Symposium, **Langmuir**, p. 708-73, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10 007: Amostragem de resíduos**. Rio de Janeiro, 1987.

BANSAL, R.C.; DONNET, D.B. and STOEKLI, F. **Active Carbon**, New York, Marcel Dekker, 1988.

BAPTISTA, M.V.S; ZENY, A.S.; MACHADO, G.E..Proposta do SENAI para implantação de sistemas de gestão ambiental na indústria. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19., 2000, Porto Alegre. Relação de Trabalhos. Porto Alegre: ABES, 2000. p.2354-2361. 1 CD-ROOM.

BARTON, S.S; DACEY, J.R.; EVANS, M.J.B., The production and evaluation of composite carbons for the adsorption of methane, Report on OJT&CRP Project 33353, Ministry of Transport and Communications, Government of Ontario, 1984.

BERGLUND, R.L.; LAWSON, C.T.. Preventing pollution in the CPI. **Chemical Engineering**, Hightstown, v.98, n°9,p.120-7,sep.1991.

BeVIER, W.E.et all., Adsorbent-enhanced methane storage for alternate fuel powered vehicles, in SAE Future Transportation Technology Conference, Anais, Columbia, 1989.

BLUM, L.E.B.; KABANA, R.R. **Effect of organic amendments on sclerotial germination, mycelial growth, and Sclerotium rolfsii-induced diseases**. Fitopatol. Bras., Jan/Feb. 2004, vol.29, n°1, p.66-74.

BRITO, J. O. **Goma-resina de *pinus* e óleos essenciais de eucalipto: destaques na área de produtos florestais não-madeireiros**. Piracicaba, 2002. Disponível em:< www.ipef.br/tecnoprodutos/gomaeoleos.asp> Acesso em: 10 mai. 2005.

BYRNE, J.F.; MARSH, H., Introductory Overview in: **Porosity in Carbons**, Ed. Patrick, J.W., Halsted Press, Grã-Bretanha, p.1-48, 1995.

CASTRO, P.R.C. **Fisiologia da produção de resina de *pinus***. Piracicaba, 2002. Disponível em: < <http://www.ipef.br>> Acesso em: 20 jan. 2005.

CAVALCANTE, M.D.L. A destinação final de resíduos. **Banas Qualidade**, São Paulo, n. 126, p.104-106, novembro 2002.

CAPRA, Frijof. **O Ponto de Mutação**. São Paulo:CULTRIX, 1982, 447p.

CERCAL, S.R. **Proposição de modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos industriais**. Curitiba, 2000. 78f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Manual para implantação de um programa de Prevenção à Poluição.** São Paulo, 2002. Disponível www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/prevenção_poluição/downloads.htm Acesso em: 08 de outubro 2003.

CRITTENDEN, B; KOLACZKOWSKI, S. **Waste Minimization: a practical guide.** Rugby. Ichem^E, 1995, 81p.

DERBYSHIRE, F.; JAGTOYEN, M.; THWAITES, M., Activated Carbons – Productions and Applications, in: **Porosity in Carbons**, Ed. Patrick, J.W., Halsted Press, Grã-Bretanha, p.228-252, 1995.

EPA. **Waste minimization opportunity assessment manual.** Ohio: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1988, 96 p.

FERREIRA, J. P. R. J. **Análise da cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos.** Piracicaba, 2001. 177 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Agrárias, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo.

FIGUEREDO, J.L.; FERRAZ, M.C.A., Textual modifications in impregnated actived carbons, in: **Adsorption at the gas-solid and liquid-solid interface**, Ed. Rouqueirol, J.; SING, K.S.W.; Elsevier, Amsterdam, p.239-244, 1982.

FIGUEREDO, J.L.; FERRAZ, M.C.A.; ORFÃO, J.J.M.; Preparation of actived carbon supported oxidation catalysts, in: **Preparation of Catlysts III**, Ed: PONCELET, G.; GRANGE, P.; JACOBS, P.A., Elsevier, Amsterdam, p.571-576, 1983.

FRANCO; GARRIDO, M.A.O. **Resinagem:** manual de resinagem. São paulo: Instituto Florestal, Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação e Pesquisa Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, 1996, 33p.

FURTADO, M.R. P+L Brasil assume compromisso com a produção mais limpa. **Química e Derivados**, n.. 407, p. 32, 2002.

GOLOVOY, A.; BRASLAW, J. On-board storage and home refueling options for natural gas vehicles, in: International Congress on Alternate Fuels for Spark Ignition and Diesel Engines, **Anais**, Detroit, p.542-559, 1983.

GOLIM, D.M. **Carbono ativado (carvão ativado).** Curitiba: Carbomafra, 2002.16 p. Informativo técnico.

GRAÇA, J.A.R.. **Os mecanismos fisiológicos da resinose.** Centro de Estudos Florestais/Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 9p. 1984.

HASSLER, J.W.; **Actived Carbon**, New York, Chemical Publishing Co., 1963, 479 p.

HENNINGSSON, S.; SMITH, A.; HYDE, K. Minimizing material flows and utility use to incerase profitability in the food and drink industry. **Trends in food science & techonology**, USA, v.12, n.2, p.75-82, fevereiro 2001.

HOLT, C.P.; PHILLIPS, P.S.; BATES, M.P. Analysis of the role of wastw minimization clubs in reducing industrial water demand in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, USA, v.30, n.4, p.315-331, novembro 2000.

HOMA, M. Considerações técnicas e potencialidade da produção de derivados de resina de *Pinus*. **Silvicultura**, v.8, n.33, p.61-66, 1983.

JORDÃO, M.C.S. **Carvão Ativo de Serragem de Pinus eliotti**. Eng. Var. eliotti. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da USP, p.8-23, 1977.

KAPTEIJN, F.; MOULIJN, J.A. , Kinetics of Catalyzed and Uncatalysed Coal Gasification, in: Carbon and Coal Gasification, Martin Nijhoff Publishers, p. 291-360, 1986.

LEÃO, A. L., **Aspectos da produção de carvão ativado a partir de três espécies de Pinus spp.** Botucatu, 1986. 67p. Dissertação (Mestrado)- Setor de Agrárias, UNESP.

LEITE, B.Z. **Minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da Região Metropolitana de Curitiba- PR.** Curitiba, 2003. 177 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná.

LEITE, B.Z; PAWLOWSKY, U. Metodologia de minimização de resíduos. **Brasil Alimentos**, São Paulo, ano III n° 14, p.31-36, julho 2002.

LEROY, P.. La sociologie de l'environnement en Europe, évolution, champs d'action et ambivalences. **Nature Science Sociétés** , France, v.9, n.1, p. 29-39, janeiro a março 2001.

MATOS, S.V.; SCHALCH, V.. Alternativas de minimização de resíduos da indústria de fundição. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, 27., 2000, Porto Alegre. **Relação de Trabalhos**. Porto Alegre: ABES, 2000.p. 1742-1753. 1 CD-ROM.

Mc ENAMEY, B.; MAYS, T.J. – Porosity in Carbons and Graphites, in: **Introduction to Carbon Science** – Ed. Butterworths, London, 1989.

MELLOR, W.; WRIGHT, E.; CLIFT, R.; AZAPAGIC, A.; STEVENS, G..A mathematical model and decision-support framework for material recovery, recycling and cascaded use. **Chemical Engineering Science**, USA, v. 57, n. 18, p.3819-3830, september 2002.

METCALF & EDDY .**Wastewater engineering treatment and reuse**. 4ª edição. New York: Mc Graw Hill, 2003.

MOTA, S.. **Urbanização do meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999, 352 p.

OSAKI, F.; DAROLT, M.R.. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 11, n.1/2, p 197-205, 1991.

PARANÁ. Resolução SEMA n° 41, de 09 de dezembro de 2002. Define critérios para o controle da qualidade do ar.

PARKINS, N.D.; QUINN, D.F., Natural Gas Adsorbed on Carbon, in: **Porosity in Carbons**, Ed. Patrick, J.W., Halsted Press, Grã-Bretanha, p.291-325, 1995.

PEDRUSSI, G.; SILVA, N.A., Uso de Carvão Ativado para Armazenamento de Gás Natural. IBP – Seminário sobre Gás Natural, **Anais**, p.242-259, 1987.

PÉREZ-FLORINDO, A., et al., CO₂ – carbon gasification catalyzed by alkaline-earth: comparative study of the metal-carbon interaction and of the specific-activity, **Carbon**, vol.31, n.3, p.493-500, 1993.

PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. **Manual de engenharia química**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

PRADO FILHO, H.R. Os negócios da água e do lixo. **Banas Qualidade – gestão, processos e meio ambiente**, São Paulo, ano XI, nº123, p.75-78, agosto 2002.

QUARESMA, M.Y.V. **Prevenção à poluição: conceitos e definições**. São Paulo, CETESB, 2000.

QUINN, F.D.; MacDONALD, J.A., Natural gas storage, **Carbon**, vol. 30, n.7, p. 1097-1103, 1992.

QUIRINO, W. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Laboratório de produtos florestais- IBAMA, 2003.

RAPOSO, V.A.. **Aproveitamento de restos de padaria**. Disponível em: <<http://www.cecae.usp.br/aprotec/respostas/RESP12.htm>> Acesso em: 23 novembro 2004.

REINOSO, F.R.; SABIO, M.M.- Activated Carbons from Lignocellulosic Material by Chemical and/or Physical Activation: an over view. **Carbon**. V.30, n.7, p.111-117, 1992.

RETTA, N.. Cleaner industrial production practice in Ethiopia: problems and prospects, **Journal of Cleaner Production**. USA, v.7, n.6, p.409-412, december 1999.

RODRIGUES-REINOSO, F.; LINARES-SOLANO, A.; MOLINA-SABIO, M.; LOPEZ-GONZALEZ, J. de D. **Adsorption Science and Technology**, 1, 211, 1984.

SCHIANNETZ, K. O eco-balanço- um instrumento de gestão ambiental para a verificação sistemática de aspectos ambientais significantes de acordo com a ISO 14 001. In: : Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 27., 2000, Porto Alegre. **Relação de Trabalhos**. Porto Alegre: ABES, 2000. p. 2366-2373. 1 CD-ROM.

SPERLING, C.; SCATOLINI, G. **Propriedades dos substratos e sua correlação com a fertirrigação**. Disponível em: <www.agrolinkholambra.com.br/artigos/25nov2003pdf> Acesso 28 abril 2005.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Centro nacional de tecnologias limpas**. Porto Alegre, 2001. **Catálogo Oficial**. Porto Alegre, 2001.

SIRCAR, S. et al. Activated carbon for gas separation and storage, **Carbon**, vol. 34, n.1, p. 1-12, 1996.

SOUZA, K.E.. **Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsídio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades**. São Carlos, 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Setor de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de São Carlos.

SZERSZYNSKI, B.. Wild times and domesticated times: the temporalities of environmental lifestyles and politics. **Landscape and Urban Planning**, v. 61, n. 2, p.181-191, novembro 2002.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. **ISO 14 000**: um guia para as novas normas de gestão ambiental. São Paulo. Futura, 1996, 302 p.

TIMOFIECSYK, F. do R. **Minimização de resíduos numa indústria de alimentos da Região Metropolitana de Curitiba- PR**. Curitiba, 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Cleaner production- key elements**. Disponível em: <
http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm> Acesso em 20 de agosto de 2002.

USMANI, H.T. et al., Preparation characterization of actived carbon from a low rank coal, **Carbon**, vol. 34, n.1, p.77-82, 1996.

WEI, M.S.; WEBER, F.. Na expert system for waste management. **Journal of Environmental Management**, USA, v. 46, n.4, p. 345-358, april 1996.

WIGMANS, T. Fundamentas and Practical Implications of Activated Carbon Production by Partial Gasification of Carbonaceous Materials. **Norit Activated Carbon**. P.O. Box 105, 3800 AC AMERSFOORT. The Netherlands. P.559-599, 1983.

ZBONTAR, L.; GLAVIC, P.. Total site: wastewater minimization wastewater reuse and regeneration reuse. **Resources, Conservation and Recycling**, USA, v.30, n.4, p.261-275, november 2000.

ANEXOS

