

Metodologia de um Gerenciamento Adequado de Resíduos e Sua Aplicação em Diferentes Segmentos Industriais

Marcel Valente Bastos

Ricardo Marcelo Coelho Ferrandini

Vinícius dos Reis Souza

PROJETO FINAL DE CURSO

Orientador:

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Carlos Eduardo Pereira Siqueira Campos, M.Sc.

Setembro de 2007

Metodologia de um Gerenciamento Adequado de Resíduos e Sua Aplicação em Diferentes Segmentos Industriais

Marcel Valente Bastos

Ricardo Marcelo Coelho Ferrandini

Vinícius dos Reis Souza

Projeto final de curso submetido ao corpo docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Prof^a Selma Gomes Ferreira Lopes, D.Sc.

Prof^o Ladimir José de Carvalho, D.Sc.

Prof^o Silvia Maria Cruzeiro da Silva, D.Sc.

Orientado por:

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

Carlos Eduardo Pereira Siqueira Campos

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Setembro de 2007

Bastos, Marcel Valente.

Coelho Ferrandini, Ricardo Marcelo.

B, Vinícius

Metodologia de um Gerenciamento Adequado de Resíduos e sua Aplicação em Diferentes Segmentos Industriais.

Marcel, Ricardo e Vinícius. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2007.

(Monografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2007.

Orientadores: Fernando Luiz Pellegrini Pessoa e Carlos Eduardo Pereira de Siqueira Campos

1.Resíduos 2.Gerenciamento 3.Destinação Final 4. Projeto Final. (Graduação – UFRJ/EQ)

5.Fernando Luiz Pellegrini Pessoa. I.D.Sc.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado a Escola de Química como parte do requisito necessário para obtenção de grau de Engenheiro Químico;

Metodologia de um Gerenciamento Adequado de Resíduos e Sua Aplicação em Diferentes Segmentos Industriais

Marcel Valente Bastos

Ricardo Marcelo Coelho Ferrandini

Vinicius dos Reis Souza

Orientadores: Fernando Luis Pellegrini Pessoa,DSc.

Carlos Eduardo Perira Sirqueira,MSc.

A presente pesquisa tem como objetivo propor uma metodologia para um gerenciamento seguro dos resíduos sólidos e sua aplicação em diferentes segmentos industriais, visando a mitigação, reciclagem, tratamento e descarte final de maneira ambientalmente correta. Para atingir esse objetivo fez-se necessário alcançar os seguintes objetivos específicos: Informar aos geradores as suas responsabilidades e a importância de um gerenciamento adequado, indicar as etapas de gerenciamento adequado visando ampliar a segurança dos profissionais envolvidos, à redução de custos e da degradação do meio ambiente, apresentar as principais técnicas de destinação final de resíduos e suas aplicações, comparar as principais técnicas de destinação, levando em consideração as suas características, o processo de degradação, o fator econômico, a legislação e o meio ambiente e aplicar a metodologia proposta em três segmentos industriais distintos: Indústria Farmacêutica, Refinaria e Indústria de Alimentos. Depois de analisar todos os passos anteriores, podemos concluir que os resíduos gerados na Indústria Farmacêutica, são destinados a Incineração, já na Refinaria, os resíduos são destinados ao Co-processamento e por último na Indústria de Alimentos os resíduos são destinados à Reciclagem.

SUMÁRIO

Título	Página
Índice de tabelas e figuras	VIII
Capítulo 1- Introdução	1
Capítulo 2- Gerenciamento de Resíduos Industriais	5
2.1- Metodologia Proposta	6
2.2- Legislação Aplicável	9
Capítulo 3- Análise de resíduos e formas de armazenamento	10
3.1- Armazenamento de resíduos industriais	11
3.1.1- Metodologia Para Armazenamento de Resíduos	15
Capítulo 4- Transporte	16
4.1- Simbologia	18
4.2- Painel de segurança	18
4.3- Número de risco	19
4.4- Número da ONU	21
4.5- Rótulo de risco	21
4.6- Símbolo de risco	21
4.7- Texto e número de classe	21
4.8- Transporte Inadequado de Resíduos	23
Capítulo 5- Principais técnicas de destinação final	27
5.1- Aterro	27
5.1.1- Vantagens e desvantagens de um aterro	33
5.2- Incineração	33
5.2.1- Resíduos passíveis e não-passíveis de Incineração	37
5.2.2- Vantagens e desvantagens da Incineração	37

	5.3-	Co-processamento de resíduos	38
		5.3.1- Fabricação de Blends	43
		5.3.2- Vantagens e desvantagens do Co-processamento	45
	5.4-	Reciclagem	46
		5.4.1- Vantagens e desvantagens da reciclagem	50
Capítulo 6-		Comparação das principais técnicas de destinação final	51
	6.1-	Custos e cultura na disposição final de resíduos	53
Capítulo 7-		Aplicação das técnicas – Estudos de casos	54
	7.1-	Indústria farmacêutica	55
	7.2-	Refinaria de Petróleo	58
	7.3-	Indústria de alimentos	62
Capítulo 8-		Conclusão	64
Capítulo 9-		Bibliografia	65

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Título	Página
Tabela 1 – Legislação Aplicável	9
Tabela 2 – Incompatibilidade dos Grupos	16
Tabela 3 - Significado do primeiro algarismo do número de risco	19
Tabela 4 - Significado do segundo e/ou terceiro algarismo do número de risco	20
Tabela 5 - Classe dos Produtos Perigosos	22
Tabela 6 - Grupos Cimenteiros e números de fábricas no Brasil	40
Tabela 7 – Materiais passíveis de Reciclagem	48
Tabela 8 – Preço (em Real) por Tonelada de cada Material Reciclado	49
Tabela 9 – Comparação entre as Tecnologias	52
Tabela 10 - Quantidade processada por tecnologia nos anos de 2004/05	52
Tabela 11 - Comparação Custo x Tecnologia de Disposição	53
Tabela 12 - Estudo de caso na Indústria Farmacêutica	57
Tabela 13 -Estudo de caso na Refinaria	61
Tabela 14 - Estudo de casos na Indústria de Produção da Soja	63
Figura 1 – Acondicionamento Incorreto – Tambor sem Tampa	13
Figura 2 – Acondicionamento Incorreto – Tambor Vazando	13
Figura 3 (a),(b),(c) – Segregação Incorreta	14
Figura 4 – Painel de Segurança	19
Figura 5 – Transporte Inadequado – Risco de Queda	23
Figura 6 – Transporte Inadequado de Material Pastoso	24
Figura 7 – Pallets Danificados	25
Figura 8– Pallets Pequenos	25
Figura 9- Remonte de Carga	26

Figura 10-Carga Compacta	26
Figura 11 – Cobertura de Polietileno	30
Figura 11 – Cobertura Vegetal	31
Figura 13 – Sistema de Drenagem	31
Figura 14 –Tanque de Coleta	32
Figura 15– Planta de Incineração	36
Figura 16- Substituição Energética	40
Figura 17 - Fornos de cimento Licenciados para Co-processamento	41
Figura 18 - Localização das unidades preparadoras para Co-processamento	43
Figura 19 - Pontos de Alimentação no Forno	44

Capítulo 1 – Introdução

A questão ambiental está se tornando cada vez mais importante na sociedade, sendo objeto de diversos estudos e aderindo a questões políticas, sociais e econômicas. Diversos países, estimulados pelos últimos desastres ambientais, como aquecimento global, efeito estufa, enchentes, mudanças climáticas e maior incidência de furacões e terremotos promovem o desenvolvimento sustentável visando à redução da degradação ambiental. Isto ocorre através da otimização e diminuição do consumo dos recursos naturais, utilizando tecnologias mais limpas, estimulando um gerenciamento adequado dos resíduos, redução da emissão de gases poluentes, legislações e acordos internacionais cada vez mais rigorosos, como também a conscientização da população da importância da preservação ambiental para garantir uma boa qualidade de vida da população atual e a sobrevivência das futuras gerações.

A preocupação com o meio ambiente está diretamente ligada com o aumento da poluição, impulsionada pela revolução industrial e conseqüentemente pelos danos ambientais causados por esse desenvolvimento. Por essa razão em 1950 quando a sociedade alcançou significativos progressos no campo industrial, aumentou-se a degradação ambiental e a preocupação com estes danos, o que confrontava com os interesses sociais e econômicos da época, já que essas empresas, potencialmente poluidoras, eram consideradas geradoras de emprego, de prosperidade, progresso e desenvolvimento.

Em 1972 organizou-se o primeiro movimento mundial relacionado com as questões ambientais, a conferência das Nações Unidas sobre o meio Ambiente Humano, em Estocolmo, que entre outros princípios reconheceu a soberania de cada nação para decidir qual a melhor forma de atuação, desde que países vizinhos não fossem afetados. O reconhecimento da importância da conservação do ambiente e a conscientização da proteção ambiental generalizaram-se mundialmente a partir da Conferência de Estocolmo.(GUSMÃO,2007)

Nove anos depois, em 1981, foi criado no Brasil a Política Nacional de Meio Ambiente cujo objetivo era a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento

socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção à vida humana.(GUSMÃO,2007)

A Política Nacional de meio ambiente foi estabelecida através da Lei nº6938/81, tornando-se um marco histórico no gerenciamento de resíduos e causando significativas alterações nas apurações das responsabilidades provenientes de danos ambientais, na área cível, impondo ao poluidor a obrigação de recuperar e indenizar os danos causados ao meio ambiente, independentemente da culpa e criando-se o princípio do poluidor pagador. A Lei nº 6938/81 estabeleceu algumas definições importantes como Meio Ambiente, degradação da qualidade ambiental, poluição, poluidor e recursos ambientais.

O Meio Ambiente entende-se como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas essas formas. Enquanto que os Recursos Ambientais são as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, a atmosfera e os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (GUSMÃO,2007)

A poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota, as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e o lançamento de materiais em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. O poluidor é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental, que são as alterações adversas das características do meio ambiente. (GUSMÃO,2007)

A principal causa da poluição está associada à geração de resíduos, a medida que o volume gerado é maior que a capacidade do meio ambiente absorver e degradar naturalmente. A melhor forma de reduzir este impacto seria tratando e destinando adequadamente estes resíduos, através das técnicas usuais de gerenciamento e destinação final dos resíduos.

A partir da Lei nº6938/81 passou-se a exigir uma política específica de gerenciamento de resíduos, que venha complementar a geração de resíduos na fonte, assim como o uso racional de matéria-prima, energia e recursos naturais. Criou-se o conceito de desenvolvimento sustentável que promove paralelamente a otimização dos recursos naturais, a diminuição da degradação ambiental com o desenvolvimento da

sociedade e a melhoria da qualidade de vida da população, procurando atender as necessidades da sociedade moderna.

A falta de uma fiscalização mais rigorosa e mais presente das agências estaduais de proteção ambiental, faz com que muitas indústrias não tenham um gerenciamento adequado e não destinem corretamente seus resíduos, colocando em risco tanto a população como o meio ambiente. Muitas vezes esse gerenciamento inadequado também acarreta em custos dispendiosos e desnecessários. Estas questões aliadas com o desconhecimento das responsabilidades dos geradores, a falta de informação dos profissionais que trabalham diretamente com esses resíduos e dos riscos dessas atividades, torna-se necessário a divulgação de uma metodologia que vise um gerenciamento seguro de resíduos sólidos e sua aplicação em diferentes seguimentos industriais.

A educação ambiental constitui um instrumento importante na gestão de resíduos, apresentando vantagens no aspecto social, ambiental e até econômico. Do ponto de vista social, constata-se uma segurança maior para os profissionais envolvidos, já que há uma diminuição nos riscos de acidentes. Além disso, incute-se, nos profissionais, uma cultura de respeito ao meio ambiente. Sob o aspecto ambiental, ocorre uma diminuição da agressão ao meio ambiente, devido à disposição mais correta dos resíduos, o que repercute diretamente na qualidade de vida do homem. Considerando-se as vantagens econômicas observa-se o decréscimo nos gastos com os resíduos, através da redução, reutilização e reciclagem desses materiais, além de não correr o risco de pagar indenizações por danos ambientais.

Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para um gerenciamento seguro dos resíduos sólidos e sua aplicação em diferentes seguimentos industriais, visando a mitigação, reciclagem, tratamento e descarte final de maneira ambientalmente correta. Para atingir esse objetivo fez-se necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Informar aos geradores as suas responsabilidades e a importância de um gerenciamento adequado;
- Indicar as etapas de gerenciamento adequado visando ampliar a segurança dos profissionais envolvidos, à redução da degradação do meio ambiente e evitar custos desnecessários;
- Apresentar as principais técnicas de destinação final de resíduos e suas aplicações;

- Compara as principais técnicas de destinação, levando em consideração as suas características, o processo de degradação, o fator econômico, a legislação e o meio ambiente;
- Aplicar a metodologia proposta em três seguimentos industriais distintos: Indústria Farmacêutica, Refinaria e Indústria de Alimentos.

No capítulo 2 será apresentado uma metodologia para um gerenciamento seguro dos resíduos sólidos. No Capítulo 3 a primeira etapa do gerenciamento abordando as análises, a forma de armazenamento e a segregação desses materiais. No Capítulo 4 a importância de um transporte seguro. No capítulo 5 serão apresentadas as principais técnicas de destinação final. No capítulo 6 será apresentada a comparação dessas tecnologias. No capítulo 7 o estudo de casos e aplicação da metodologia e no capítulo 8 a conclusão.

Capítulo 2 – Gerenciamento de Resíduos Industriais

Entende-se como gerenciamento de resíduos industriais o processo que compreende a segregação, a coleta, a manipulação, o acondicionamento, o transporte, o armazenamento, o transbordo, o tratamento, a comercialização e a destinação final dos resíduos sólidos. Fazer o gerenciamento de resíduos corretamente é contribuir para o desenvolvimento sustentável.(WILSON,1998)

Para estabelecer um gerenciamento adequado, primeiramente devemos definir o que são resíduos. Trata-se de um material resultante de atividades antrópicas, gerados como sobras de processos produtivos ou que não possam ser utilizados com a finalidade para os quais foram originalmente produzidos. (NBR 10004)

A identificação dos processos ou atividades, que dão origem aos resíduos sólidos, é essencial para estabelecer as diretrizes do gerenciamento, que tem início com a análise de Classificação e/ou Caracterização de resíduos,o Licenciamento junto aos órgãos ambientais, a coleta e Transporte especializado, o beneficiamento em unidades Dedicadas e a Emissão de Certificados.

Com o intuito de reduzir os gastos visando estabelecer aos geradores uma redução das despesas e conseqüente aumento da receita, além de promover uma boa imagem junto aos órgãos ambientais e a opinião pública, foi criada uma hierarquia da gestão de resíduos, respeitando a seguinte ordem: **Evitar, Reduzir, Reciclar, Tratar e Aterrar**. (BRASIL;SANTOS,2005)

A hierarquia da gestão de resíduos foi criada a partir das posturas preventiva, corretiva e passiva. A postura preventiva trata-se de uma abordagem tecnológica e administrativa que visa minimizar ou eliminar a geração, atuando na causa; a postura corretiva visa o tratamento adequado para os resíduos e a postura passiva estabelece a disposição adequada do resíduo.(CARVALHO,2006)

Seguindo esta hierarquia podemos definir algumas etapas para facilitar o gerenciamento. Devemos identificar, quantificar através de inventários de resíduos, recolher as amostras e realizar análises de classificação. Com essas informações devemos buscar alternativas de destinação como tratar, reutilizar, reciclar e dispor, avaliar o eventual fornecedor do serviço ambiental, validar o processo junto aos órgãos ambientais, transportar os resíduos e promover a destinação final.

A destinação final de resíduos é uma das etapas mais importantes do gerenciamento e iremos abordar no capítulo 5 as principais técnicas de destinação final o Aterro, a Incineração, a Reciclagem e o Co-processamento.

O gerenciamento adequado dos resíduos é importante porque além do fator econômico e ambiental, garante ao gerador atuar dentro da legalidade, prevenindo problemas futuros. Segundo a Lei nº6938/81 o gerador é responsável pelo gerenciamento dos resíduos até a sua total destruição, mesmo que este contrate uma outra empresa para gerenciar esses resíduos, impondo ao poluidor a obrigação de recuperar e indenizar os danos causados ao meio ambiente, independentemente da culpa.

O gerenciamento de resíduos geralmente é realizado em indústrias, porém é necessário que se estenda a todas as áreas onde se geram resíduo, pois com o mesmo conceito obtêm-se excelentes resultados em hospitais, supermercados, comércio, escolas, ambientes de lazer e etc.

2.1 – Metodologia Proposta

No monitoramento do gerenciamento de resíduos em diferentes geradores, percebemos a falta de informação e de uma metodologia adequada, gerando além dos problemas ambientais e de segurança, custos desnecessários.

Esta metodologia tem como finalidade propor um gerenciamento adequado e seguro dos resíduos, minimizar os custos, diminuir a degradação ambiental, ser utilizada em diferentes segmentos industriais e servir de ferramenta para os profissionais da área.

Primeira Etapa - Devemos iniciar com as análises de classificação e/ou caracterização destes materiais. A partir dessas análises poderemos identificar a composição e o grau de periculosidade de cada resíduo e definir as próximas etapas;

Segunda Etapa – Realizar a segregação dos resíduos considerando a compatibilidade dos resíduos;

Terceira Etapa – Comercialização dos resíduos, ou seja, negociar a melhor forma de destinação;

Quarta Etapa – Acondicionamento e Armazenamento dos resíduos;

Quinta Etapa – Transporte;

Sexta Etapa – Tratamento do Resíduo;

Sétima Etapa – Destinação Final.

A manipulação de resíduos está presente em todas as etapas do gerenciamento e requer bastante cuidado, devendo ser adotadas medidas preventivas que visem minimizar os riscos de acidentes com profissionais envolvidos diretamente em cada atividade.

Para aplicação desta metodologia é necessário entender a importância de cada etapa:

- **Segregação** → etapa na qual separam-se os materiais de acordo com sua compatibilidade (reatividade) e suas características físicas. Esta etapa deve ser seguida criteriosamente, pois a imperícia desta pode acarretar possíveis acidentes nas etapas seguintes.
- **Comercialização** → Após as análises e segregação dos materiais devemos identificar o melhor destino para os resíduos, levando-se em conta os aspectos econômicos, ambientais e de segurança. Esta etapa que definirá os procedimentos das etapas seguintes.
- **Acondicionamento/Armazenamento** → Após as etapas de segregação e identificação o resíduo deve ser armazenado de forma adequada para evitar que ocorram acidentes durante o transporte. Os resíduos sólidos perigosos devem ser acondicionados/armazenado de acordo com a NBR 12.235/92, levando-se em conta a característica dos resíduos e a destinação final. As embalagens devem ser corretamente identificadas com o máximo de informações possíveis, para facilitar o manuseio e reduzir os riscos.
- **Transporte** → Compreende a operação de transferência dos resíduos acondicionados no armazenamento temporário para a destinação final. No transporte de resíduos perigosos devem ser observados o Decreto Federal nº 96.044/88 e a portaria INMETRO nº 221/91. Os veículos e equipamentos devem portar documentos de inspeção e capacitação, em validade, atestando a sua adequação à lei. Devem, ainda, atender ao disposto na norma NBR 7500.
- **Tratamento** → Para realizar o tratamento adequado dos resíduos é necessário conhecer as características, a periculosidade desses materiais e a destinação final a que eles serão submetidos. O material pode ser

tratado e reutilizado no processo, reciclado, compactado e aterrado, blendado e destruído termicamente.

- **Destinação Final** → Existem quatro técnicas usuais de destinação final: o aterro, a incineração, o co-processamento e a reciclagem. Analisando o aspecto ambiental devemos priorizar a reciclagem, o co-processamento, a incineração e em último caso o aterro, porém devemos respeitar as limitações e atender as exigências de cada tecnologia.

Um gerenciamento seguro depende de uma boa comunicação e uma relação transparente entre o gerador e o receptor dos resíduos. Para o receptor é fundamental conhecer o local de geração, a estrutura física e o processo de geração detalhado com o máximo de informação possível. O gerador deve acompanhar criteriosamente todas as etapas do gerenciamento, garantindo uma destinação correta e segura. Lembrando que por mais que se contrate uma outra empresa para gerenciar esses resíduos, o gerador ainda é responsável e passível de punições.

2.2 – Legislação Aplicável

Todo Programa de Gerenciamento de Resíduos deve cumprir a Legislação vigente. A *Tabela 1* lista as principais normas que direcionam um GR.

Tabela 1: Normas Legais e Regulamentação^[6]

NORMAS LEGAIS	REGULAMENTAÇÃO
NBR 10004/87	Resíduos sólidos – Classificação
NBR 10005/87	Lixiviação de resíduos – Procedimento
NBR 10006/87	Solubilização de resíduos – Procedimento
NBR 10007/87	Amostragem de resíduos – Procedimento
NBR 12235/87	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
NBR 7500	Transporte de produtos perigosos
NBR 7501/83	Transporte de cargas perigosas
Res. CONAMA Nº 257/99	Descarte de pilhas e baterias
NBR 11174/89	Armazenamento de resíduos classes II (não inertes) e III (inertes)
NBR 13221/94	Transporte de resíduos – Procedimento
NBR 13463/95	Coleta de resíduos sólidos – Classificação
Res. CONAMA Nº 275/01	Simbologia dos Resíduos
NBR 12.235/92	Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos
NBR 7.500/00	Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais
NBR 10.157/87	Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projetos, construção e Operação
NBR 11.175/90	Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho (antiga NB 1265)
Dec. Federal Nº 96.044/88	Regulamenta o Transporte Rodoviário de Produtos Perigoso
Port. INMETRO nº 221/91	Aprova o Regulamento Técnico “Inspeção em equipamentos destinados ao transporte de produtos perigosos a granel não incluídos em outros regulamentos”.

Fonte: www.sc.usp.br/residuos

Capítulo 3 – Análise de resíduos e forma de Armazenamento

A análise de resíduos tem início com um plano de amostragem contemplando o amostrador adequado, a seleção das embalagens das amostras, o ponto de amostragem, o número de amostras e o procedimento de amostragem visando uma análise que descreva a característica real dos resíduos, garantindo a segurança das análises e das pessoas envolvidas.(NBR 10007)

Realizada a coleta das amostras devemos escolher o tipo de análises a que as amostras serão submetidas. Para isso devemos identificar o processo ou a atividade que lhes deram origem, os seus constituintes e as suas características. Com essas informações temos uma idéia inicial sobre qual tecnologia poderemos destinar esses resíduos e a partir daí estabelecer quais as análises a que esse material será submetido.

Existem dois tipos de análise muito utilizada que são as análises de classificação e as análises de caracterização. A análise de classificação tem como objetivo classificar os resíduos em perigosos e não perigosos e medir o grau de solubilização e lixiviação do material, requisito necessário para classificar o Aterro industrial para o qual esse material poderá ser destinado. A análise de caracterização realiza a análise de massa bruta desse material, identificando e quantificando os componentes desses resíduos e é através dessa análise que podemos avaliar a viabilidade de co-processamento e incineração.

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados.

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), editou um conjunto de normas para padronizar, a nível nacional, a classificação de resíduos:

NBR 10004 – Resíduos Sólidos - Classificação

NBR 10005 – Lixiviação de Resíduos

NBR 10006 – Solubilização de Resíduos

NBR 10007 – Amostragem de Resíduos

Segundo a Norma ABNT NBR 10004 podemos classificar os resíduos em duas classes:

a) **Resíduos classe I** – Perigosos;

São resíduos que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Podendo apresentar risco a saúde pública e ao meio ambiente.

b) **Resíduos Classe II** – Não Perigosos

Esta classe é subdividida em outras duas:

- **Resíduo Classe II A** – Não Inertes.

São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos I Perigosos e II B Inertes nos termos da NBR- 10004. Os resíduos classe II A - Não Inertes, podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

- **Resíduo Classe II B** – Inerte.

São os resíduos que, quando amostrados de forma representativa, (NBR- 10.007 - amostragem de resíduos) e submetidos a contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização de resíduos) não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

3.1 - Armazenamento de Resíduos Industriais

A segregação dos resíduos industriais no processo de geração e a forma de acondicionamento e armazenamento temporário são fundamentais para o gerador porque realizando a segregação podemos acondicionar os resíduos de acordo com as suas compatibilidades, classificação e suas características procurando separar os resíduos perigosos dos não perigosos, armazenado em locais apropriados garantindo a segurança dos operadores, das unidades de armazenagem e das pessoas envolvidas, além de reduzir os custos do gerador, pois com essa segregação pode-se economizar no transporte, nas embalagens, nos custos com a operação e na destinação final.

O local para o armazenamento de resíduos perigosos deverá estar situado no mínimo a mil metros de distância das residências, hospitais, clínicas e centros médicos e de reabilitação, de escolas, clubes esportivos e parques de diversão e de outros equipamentos de uso comunitário já existentes ou previstos. Deverão estar situados no mínimo a cinquenta metros das faixas de domínio das rodovias municipais, estaduais e federais. Deverá estar situado no mínimo a trezentos metros da faixa marginal de proteção de qualquer corpo d'água. Deverá ser mantida uma distância mínima de dois metros entre a superfície do terreno e o nível mais alto do lençol freático, determinado em épocas de máxima precipitação. (NBR 12235)

A área e a forma de armazenamento deverão ser previamente submetidas a FEEMA para apreciação e parecer.

Por tanto a etapa do armazenamento e acondicionamento dos resíduos são fundamentais para as próximas etapas do processo, deve-se avaliar essa etapa considerando a tipologia dos resíduos estabelecida nas análises, o processo de geração, o transporte, as etapas de carregamento e descarga, o manuseio dos resíduos e o destino final. A forma mais comum de armazenamento são os tambores e Bags e para facilitar as etapas de carregamento, descarga e transporte desses recipientes aconselha-se colocá-los sobre pallets. Dependendo da característica do material deve-se forrar os tambores com plástico para facilitar o escoamento dos resíduos.

Infelizmente muitas industriais não dão a devida atenção para as etapas de segregação e armazenamento dos resíduos gerados, colocando em risco o meio ambiente e a vida dos profissionais envolvidos. Os responsáveis por essas atividades devem intensificar o treinamento desses profissionais, atentar para os riscos a que eles estão submetidos, da importância em segregar corretamente os resíduos de acordo com sua compatibilidade, sem acondicionar junto resíduos incompatíveis que possam gerar reações adversas, verificar as condições das embalagens, se estão devidamente identificadas com o máximo de informação do material, se estão compatíveis com o material acondicionado e se estão sob pallets de boa qualidade.

Identificamos no estudo de campo exemplos de péssimo acondicionamento de resíduos, conforme pode ser notado nas figuras 1 e 2. Na visita observamos que os resíduos acondicionados nos tambores ilustrados na *figura 1* continham resíduos sólidos como estopas, equipamentos de proteção individual (EPI's) e embalagens plásticas. Analisando a *figura 1*, percebemos que os tambores de 200 l estão cobertos com sacos plásticos, trazendo riscos de acidentes no trajeto do gerador ao receptor e impedindo que

sejam retiradas amostras do material quando chega no receptor por questões de segurança.

Notamos também que os tambores estavam em péssimo estado, enferrujados e furados não sendo adequado para o transporte podendo gerar riscos ambientais e de segurança. Na *figura 2*, podemos constatar, inclusive, o vazamento de borra oleosa gerado pelo esse mau acondicionamento.



Figura 1 – Acondicionamento incorreto – Tambor sem tampa



Figura 2 – Acondicionamento Incorreto – Tambor vazando

Em um outro local de visita, constatamos, como ilustra as *figuras 3(a), (b) e (c)*, a falta de informação e o despreparo do gerador na fase de segregação de resíduos, misturando resíduos incompatíveis, ou seja, com classificação e características diferentes, e que seriam destinados para diferentes tecnologias. A segregação dos resíduos deve seguir a tabela 2, no anexo 1.

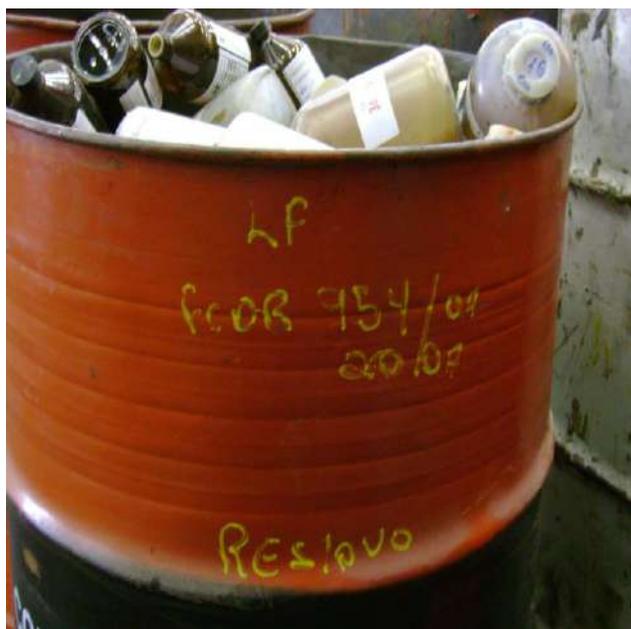


Figura 3(a) – Segregação incorreta



Figura 3(b) – Segregação incorreta



Figura 3(c) – Segregação Incorreta

Esse cenário foi encontrado em diversos locais visitados de diferentes geradores, retratando a falta de critério na segregação dos resíduos.

3.1.1 – Metodologia para Armazenamento de Resíduos

Seguindo as orientações descritas nesse capítulo devemos armazenar os resíduos de forma segura, de acordo com a norma ABNT NBR 12235. Com o intuito de separar os resíduos incompatíveis e realizar um armazenamento adequado, foi necessário a criação de uma metodologia de segregação de resíduos.

Primeiro devemos separar os resíduos em grupos de acordo com as suas características, grupo 1-A, 1-B, 3-A, 4-A e 5-A e depois realizar a segregação seguindo a tabela de incompatibilidade.

- Grupo 1-A - Líquidos fortemente alcalinos, Lama de cal e soluções cáusticas gastas
- Grupo 1-B - Lamas ácidas, Soluções ácidas e líquidos de limpeza
- Grupo 3-A - Alumínio, Magnésio e Zinco em pó.
- Grupo 4-A - Soluções Aquosa em geral e Álcoois
- Grupo 5-A - Álcoois, Aldeídos, Solventes e Hidrocarboneto insaturado.

Os símbolos que representam os efeitos da mistura de resíduos dos grupos incompatíveis, estão representados abaixo:



Geração de Calor, reação violenta, fogo, explosão, geração de gases inflamáveis.



Geração de gases tóxicos

A segregação deve ser feita respeitando a *Tabela 2*, a partir dos dados fornecidos pela Holcim (Brasil) S.A, garantindo uma segregação segura. Resíduos do grupo 1-A e 1-B, só podem ser armazenados com resíduos do mesmo grupo. Resíduos do Grupo 3-A podem ser armazenados com os resíduos do mesmo grupo e com resíduos do grupo 4-A, o mesmo ocorre com os resíduos do grupo 5-a que podem ser armazenados com os

resíduo do mesmo grupo e com os resíduos do grupo 4-A. Logo os resíduos do grupo 4-A podem ser armazenados com resíduos do mesmo grupo e com os resíduos dos grupos 5-A e 3-A.

O armazenamento de resíduos do grupo 4-A com os resíduos do grupo 1-A ou 1-B pode gerar reações violentas, explosões e emissões de gases tóxicos. Armazenando o grupo 5-A com o grupo 1-A, 1-B ou 3-A também pode ocasionar reações violentas e explosões. O mesmo ocorre com o grupo 1-A quanto misturado com os grupos 1-B, 3-A ou 5-A.

Tabela 2 – Incompatibilidade dos Grupos

Tabela de Incompatibilidade	GRUPO 1- A	GRUPO 1- B	GRUPO 3- A	GRUPO 5- A	GRUPO 4- A
GRUPO 1- A					
GRUPO 1- B					
GRUPO 3- A					
GRUPO 5- A					
GRUPO 4- A	 	 			

Capítulo 4 – Transporte

Com os acidentes tecnológicos ocorridos na nossa recente história, os responsáveis pelo controle ambiental passaram a se preocupar com uma nova natureza de poluição, a poluição súbita, denominada poluição ambiental e definida como aquela com potencial de lançar no meio ambiente, num curto espaço de tempo, uma considerada massa poluidora capaz de causar danos irreversíveis ao ecossistema local ou à saúde humana. Alguns exemplos ilustraram esse cenário como o acidente em Servo, na Itália em 1976 quando um reator explodiu e lançou no meio ambiente uma nuvem tóxica contendo TCDD(2,3,7,8-tetraclorodibenzeno-p-dioxina); o acidente em

Bhopal, uma cidade com oitocentos mil habitantes na Índia, onde ocorreu um vazamento de Isocianato de Metila em 1984, resultando, entre outros danos, na morte de 2.500 pessoas; um dos mais famosos foi o de Chernobyl, na União Soviética, em 1986, com a perda do controle de um reator na usina nuclear; e no mesmo ano na Basiléia, numa cidade com 200.000 habitantes, na Suíça, ocorreu um incêndio em um depósito contendo cerca de 1.300 toneladas de produtos químicos, dos quais 2/3 eram agrotóxicos.(GUSMÃO,2007)

Visando a prevenção, a ação de combate mais eficiente e o controle dos efeitos causados pela poluição súbita proveniente dos acidentes ocorridos no transporte rodoviário de produtos químicos, dispositivos foram criados, como o Decreto nº 96.044/88, do Ministério do Transportes, que regulamentou a nível nacional a movimentação rodoviária de cargas perigosas. Novos procedimentos foram estabelecidos, como a exigência pelos órgãos ambientais da apresentação de Planos de Ação, a elaboração de Planos de Emergência e do licenciamento ambiental para as transportadoras, bem como novas técnicas e tecnologias foram desenvolvidas e empregadas, como por exemplo, o rastreamento por caminhões através de satélite.

Devido a consolidação das responsabilidades objetivas e solidárias na esfera civil, a atualização das infrações e sanções na esfera administrativa, e posteriormente com a criação da responsabilidade criminal pelos danos ambientais, as transportadoras e as indústrias com maior potencial de risco se conscientizaram e evoluíram, principalmente, no sentido da criação e manutenção de equipes especializadas em avaliar os riscos, e para agir de imediato em situações emergenciais, demonstrando grande preocupação com as conseqüências de um possível dano.(GUSMÃO,2007)

Numa operação de atendimento, no caso de um acidente no transporte de cargas perigosas, o fator tempo é considerado como a diferença entre o sucesso e o fracasso da operação. Além do treinamento das equipes, se torna fundamental a planificação das ações de combate com a utilização de Planos de Emergência bem estruturados. Também é ressaltada a importância de um Sistema de Informações, dividindo o atendimento em fases. O importante é se concentrar apenas nas informações e recursos necessários para cada momento, considerando igualmente cada uma das fases do atendimento.

A evolução das transportadoras e do setor industrial foi no sentido da criação de planos que tivessem a participação da indústria química em conjunto com a Defesa Civil e com o órgão ambiental, numa ação técnica integrada de combate, imediata e eficiente, reduzindo consideravelmente o tempo do início do atendimento, minimizando

e evitando danos ambientais. A cooperação técnica é fundamental, principalmente nos acidentes ocorridos longe das sedes do fabricante e do destinatário. Ficam assim consagrados no Brasil os princípios da prevenção e da precaução na atividade de transporte rodoviário de produtos perigosos

Com o objetivo de atingir justamente esses princípios foram criados alguns mecanismos de segurança para o transporte de produtos perigosos, como por exemplo, a Simbologia, o Painel de Segurança, o Número de Risco, Número da ONU e Rótulo de Risco.

4.1 – Simbologia

Simbologia significa expressar ou representar alguma situação por meio de símbolos. No caso de transporte de cargas perigosas a simbologia é materializada através do Painel de Segurança e do Rótulo de Risco, que devem ser utilizados nos veículos para caracterizar que estão sendo transportados produtos perigosos.(NBR 7500). As orientações para proceder de forma precisa essas simbologias constam do manual para Atendimento dos Produtos Perigosos da Associação Brasileira da Indústria Química – ABIQUIM

4.2 – Painel de Segurança

O Painel de Segurança é uma placa reguladora, com dimensões de 30cm de altura e 40cm de largura, de cor laranja, que deve ser afixada obrigatoriamente nos veículos de transporte de produtos perigosos. Esse Painel consiste num quadro com duas divisões horizontais possuindo na parte superior o Número de Risco e na parte inferior o Número da ONU, de identificação do produto, com inscrições em cor preta. A *Figura 4* exemplifica um Painel de Segurança, onde o Número de Risco 80 significa que o produto é corrosivo e que não apresenta outro risco secundário. O número da ONU 1824 identifica que o produto transportado é o Hidróxido de Sódio.

80
1824

Figura 4 – Painel de Segurança

4.3 – Número de Risco

A parte superior de Painel de Segurança é destinada ao número de identificação do risco, que é composto por até três algarismos e, se necessário, pela letra X, que indica que o produto não pode ter qualquer contato com a água. Esses números que permitem a identificação imediata do risco principal (primeiro algarismo) e os riscos subsidiários do produto perigoso (segundo e/ou terceiro algarismos), conforme é descrito nas *tabelas 3 e 4*, respectivamente:

Tabela 3 – Significado do primeiro algarismo do número de risco:

0	Não deve ser utilizado
1	Explosivo
2	Gás
3	Líquido Inflamável
4	Sólido Inflamável
5	Substâncias Oxidantes ou Peróxidos
6	Substâncias Tóxicas
7	Substâncias Radiativas
8	Substâncias Corrosivas
9	Riscos Diversos

Fonte – Manual de para Atendimento de Emergência de Produtos Perigosos da ABIQUIM

Tabela 4 – Significado do segundo e/ou terceiro algarismo do número de risco:

0	Ausência de risco subsidiário
1	Explosivo
2	Emana Gás
3	Inflamável
4	Fundido
5	Oxidante
6	Tóxico
7	Radioativo
8	Corrosivo
9	Perigo de reação violenta de decomposição espontânea ou polimerização

Fonte – Manual de para Atendimento de Emergência de Produtos Perigosos da ABIQUIM

A repetição dupla ou tripla do algarismo significa a intensificação do risco, exemplos:

- O Número de Risco 3 indica que o produto é inflamável, enquanto o Número de Risco 33 indica que o produto tem seu risco intensificado, portanto é muito inflamável.
- O Número de Risco 333 traz a indicação que o produto é extremamente inflamável e outros tipos de cuidados e de proteção serão tomados para o seu manuseio.
- O número de Risco 88 significa que o produto é muito corrosivo.
- O número de Risco 36 significa que o produto é inflamável e tóxico.
- O Número de Risco 263 significa que o produto é um gás, tóxico e inflamável.
- O Número de Risco X423 significa que o produto é um sólido inflamável que, em contato com a água, libera gás inflamável.
- Quando o algarismo 0 (zero) aparece em segundo lugar indica que não há outro risco subsidiário.
- O Número de Risco 60 significa que aquele produto é somente uma substância tóxica.

4.4 – Número da ONU – Organizações das Nações Unidas

É um número composto sempre por quatro algarismos que permite a identificação imediata do produto perigoso. Está localizado, na parte inferior, do painel de segurança que identifica o produto, de acordo com a listagem de produtos perigosos padronizada internacionalmente pela ONU. (NBR 9734.200). Por exemplo, o número 1830 identifica que o produto perigoso é Ácido Sulfúrico.

4.5 – Rótulo de Risco

O Rótulo de Risco consiste em etiquetas afixadas externamente nos veículos e nas embalagens que apresentam, através de símbolos e/ou expressões emolduradas, informações claras e objetivas referentes à natureza do produto perigoso, forma de manuseá-lo e dados de sua identificação, indicando os riscos característicos do produto. Estas etiquetas possuem a forma de um quadrado apoiado por um de seus vértices. De modo geral, tem a seguinte configuração: Na metade superior consta o Símbolo de Risco e na metade inferior um texto e o Número da classe do produto. (NBR 7500)

4.6 - Símbolo de Risco

O Símbolo de Risco aparece na parte superior do Rótulo de Risco e exprime graficamente o risco do produto transportado. São elementos indicativos do risco que visam tornar o produto perigoso facilmente reconhecível à distância, pela aparência geral (forma e cor) e permite a rápida identificação dos riscos nos principais símbolos.

4.7 – Texto e Número de Classe

O Número da Classe de Risco aparece na parede inferior dos Rótulos de Risco possuindo o mesmo significado conforme apresentado no *tabela 5*:

Tabela 5 – Classe dos Produtos Perigosos:

PAINEL		RÓTULOS		
RISCO PRICIPAL 1 ALG		DEMAIS RISCO 2 E 3 ALG		COR
1	EXPLOSIVO	EXPLOSIVOS		LARANJA
2	GÁS	LIBERA GÁS		CONJUGADO (LARANJA/VERMELHO)
3	LÍQUIDO INFLAMÁVEL	INFLAMÁVEL		VERMELHO
4	SÓLIDO INFLAMÁVEL	FUNDIDO		VERMELHO/BRANCO
5	OXIDANTE	PERÓXIDO ORGÂNICO		AMARELO
6	TÓXICO	TÓXICO		BRANCO
7	RADIOATIVO	RADIOATIVO		AMARELO/BRANCO
8	CORROSIVO	CORROSIVO		PRETO/BRANCO
9	DIVERSOS	PERIGO DE REAÇÃO VIOLENTA		BRANCO/PRETO/BRANCO
0		AUSÊNCIA DE OUTROS RISCOS		VERDE
X	INCOMP.COM ÁGUA			AZUL
N.N	ELEVAÇÃO DE RISCO	ELEVAÇÃO DE RISCO		

Fonte – Manual de para Atendimento de Emergência de Produtos Perigosos da ABIQUIM

No transporte de resíduos perigosos devem ser observados o Decreto Federal nº 96.044/88 e a portaria INMETRO nº 221/91. Os veículos e equipamentos devem portar documentos de inspeção e capacitação, em validade, atestando a sua adequação à lei. Devem, ainda, atender ao disposto na norma NBR 7500.

Os resíduos desde sua origem até sua destinação final devem ser monitorados através do Sistema Manifesto de Resíduos. Esse sistema, mediante o uso de formulário próprio, denominado Manifesto de Resíduos, permite conhecer e controlar a forma de destinação final dada pelo gerador, transportador e receptor de resíduos. E o Manifesto por sua vez consiste em um formulário numerado a ser utilizado pelas atividades vinculadas ao Sistema de Manifesto, composto de 4 (quatro) vias a saber: 1ª via – gerador, 2ª via – transportador , 3ª via –receptor, 4ª via – FEEMA.

4.8 – Exemplos práticos de Transporte inadequado de resíduos

Na prática, muitas transportadoras que estão licenciadas para transportar resíduos perigosos, por falta de informação, fiscalização ou pressão dos clientes muitas vezes transportam o material de forma inadequada, gerando uma operação de risco. Tanto os geradores quanto as transportadoras devem estar atentos a esses riscos e às suas responsabilidades.

Cabe aos órgãos competentes uma fiscalização mais presente, inibindo a prática desses transportes inadequados. Os receptores também são responsáveis por essas cargas e devem adotar uma postura repressiva, impedindo o recebimento desses materiais, obrigando as transportadoras e os geradores a transportarem de forma segura esses resíduos.

Focando a parte dos transportes, durante as visitas, a *figura 5* apresenta um transporte totalmente inadequado, com a carga mal acondicionada e com sério risco de queda podendo causar um grave acidente. Deve ser adotado a manutenção do caminhão e o acondicionamento correto da carga, garantindo a segurança do transporte.



Figura 5 – Transporte inadequado – Risco de Queda

A *figura 6* apresenta o transporte de um material pastoso em caçamba aberta sem o uso de plástico para o forro, propiciando derramamento pelo trajeto e sujeira durante a descarga. Deve ser tomado um plano de ação para transportar material pastoso em caçamba aberta para que não haja derramamento durante a viagem e fazer o uso do plástico forrando a caçamba da carreta.

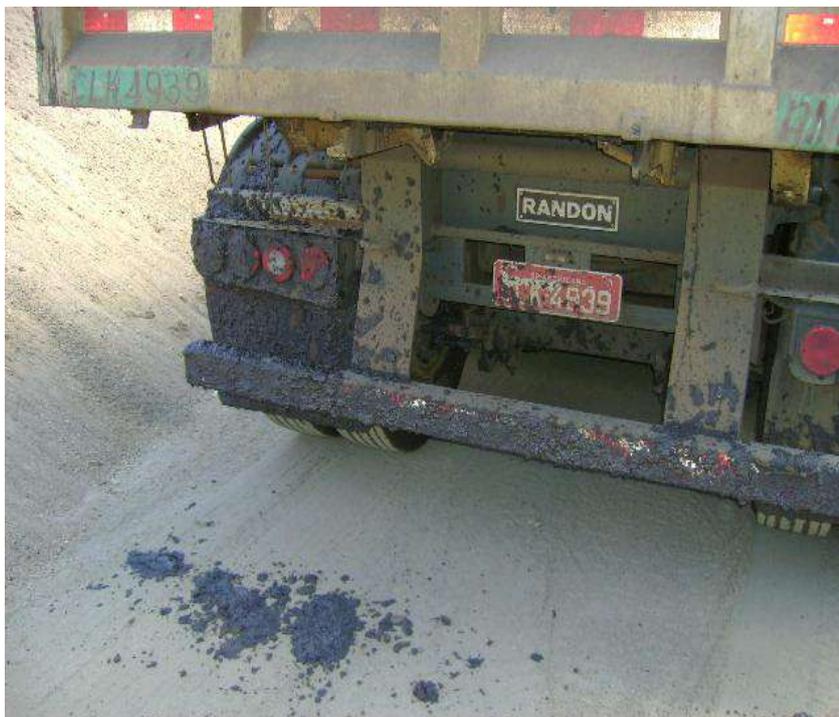


Figura 6 – Transporte inadequado de material pastoso

A *figuras 7* apresenta pallets danificados, que durante o trajeto de viagem gerador – receptor, não suportam o peso dos tambores, vindo a quebrar, podendo causar impactos ambientais e risco à saúde e segurança dos operadores. Na *figura 8* observa-se pallets pequenos, que não se ajustam às dimensões dos tambores, ficando os mesmos de fora. Desta forma, o tambor pode cair, podendo causar acidente e/ou impactar o meio ambiente. Deve-se adotar pallets com dimensões padronizadas, com bom estado de conservação que suportem o peso dos tambores.



Figura 7 – Pallets Danificados



Figura 8 – Pallets Pequenos

Podemos observar na *figura 9* uma carga de tambores com bags remontados apresentando risco durante o trajeto e na operação de descarga, devido a sobreposição da carga. A providência que deve ser tomada nesse caso seria melhorar o acondicionamento, palletizando de melhor forma tanto os bags como os tambores e apertar mais forte a amarração da carreta.



Figura 9 - Remonte de carga

No transporte a granel muitas vezes o gerador com o intuito de otimizar o frete e reduzir o custo com o transporte, compacta demais a carga durante o carregamento, impedindo que o material seja basculado causando demora na descarga e obrigando a manipulação manual do operador, aumentando o risco de acidente. Esta situação pode ser observada na *figura 10* e a providencia a ser adotada nesse caso seria não compactar o material durante o carregamento.



Figura 10 – Carga Compacta

Capítulo 5 – Principais Técnicas de Destinação Final

Neste capítulo serão apresentadas as principais tecnologias disponíveis para destinação final de resíduos industriais: o Aterro, o Co-processamento, a Incineração e a Reciclagem. Primeiramente serão definidas cada técnica e em seguida, serão descritas suas características.

O Aterro Industrial é uma das técnicas mais conhecidas, trata-se de um local de disposição final de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, evitando a contaminação de águas subterrâneas, minimizando os impactos ambientais e utilizando princípios específicos de engenharia para confinar esses resíduos. (NOBRE,1993)

O Co-processamento é o processo de destruição térmica de resíduos em fornos industriais devidamente licenciados para este fim, com aproveitamento energético e/ou aproveitamento de matérias-primas.(CARVALHO,2006)

A Incineração é o processo físico-químico que emprega a destruição térmica via oxidação a alta temperatura para destruir a fração orgânica e reduzir o volume do resíduo.(CARVALHO,2006)

A Reciclagem é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos e reutilizá-los no ciclo de produção de onde saíram. É o resultado de uma série de atividades, pelas quais materiais que se tornariam lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na produção de novos produtos. (BRASIL,2004)

5.1 – Aterro

A função de um aterro é enterrar o lixo de modo que ele fique isolado do lençol freático, seja mantido seco e não entre em contato com o ar. Nessas condições, o lixo não sofrerá muita decomposição.

Para construção do aterro deve ser feito um estudo prévio estabelecendo as seguintes medidas como a área de terra necessária para o aterro, a composição base do solo e do leito da rocha, o fluxo de água da superfície do lugar, o impacto do aterro proposto sobre a vida selvagem e o ambiente local e o valor arqueológico ou histórico

do local proposto. Seguindo as instruções técnicas da diretriz DZ-1302 para requerimento de licenças de aterros e a diretriz DZ – 1311 para impermeabilização inferior e superior dos aterros.

Existem quatro tipos de aterros, os aterros industriais classe I e classe II e os aterros sanitários classe I e classe II que devem operar de acordo com as medidas estabelecidas acima e receber apenas os resíduos licenciados de acordo com suas características. A escolha do tipo de aterro depende da tipologia dos resíduos sólidos determinadas nas análises de classificação descritas no capítulo 2.

Os aterros industriais classe I são projetados, instalados e operados especialmente para receber resíduos industriais não perigosos, enquanto os aterros industriais classe II estão preparados para receber resíduos perigosos. Já os aterros sanitários classe I também são projetados, instalados e operados especialmente para receber resíduos urbanos que, em face de suas condições hidrológicas e de operação, também estão aptos a receber resíduos sólidos industriais não perigosos enquanto que os aterros sanitários classe II além de ter a mesma capacidade de recebimento também são aptos a receber, alguns tipos de resíduos perigosos a critério do órgão ambiental.(CARVALHO)

Na maioria dos casos os aterros são implantados e operados em três tipos de áreas, as encostas naturais ou degradadas, as planícies e as cavas de antigas minerações.

Os aspectos que influenciam nas técnicas construtivas e nos sistemas operacionais de aterros de encosta, dizem respeito à necessidade de isolar e drenar águas de nascentes ou de potenciais afloramentos do lençol freático durante as escavações.

Existe uma maior preocupação com sistemas de drenagem superficial devido ao maior fluxo de água durante períodos chuvosos. Assim como, com a área de impermeabilização de fundação por volume de materiais dispostos, a preocupação em controlar eventuais acidentes que possam gerar a contaminação do lençol freático, a necessidade de implementação de sistemas de drenagem interna de percolados e gases mais complexos, movimentação de terras por necessitar de escavações de regularização de encostas, possibilidade de implantação de acessos construtivos e definitivos fora do corpo do aterro e menor exposição do maciço do aterro e o melhoramento desta maneira dos aspectos ligados à inserção visual das atividades de operação.

Com relação aos aterros de planície, os aspectos que mais influenciam estão relacionados à necessidade de importe de solo para o recobrimento diário e final, a obrigatoriedade de implantação de vias de acesso no próprio corpo do aterro, maiores

áreas de implantação de camada de revestimento final, facilidade para implantação de sistemas de drenagem superficial de águas e de drenagem de percolados e gases, facilidade de reaproveitamento do biogás e maior facilidade de futura mineração do aterro.(CARVALHO,2006)

Os aspectos que mais influenciam os aterros que aproveitam as cavas de mineração correspondem à necessidade de instalação de sistemas de recalque de água e de percolados durante a implantação e operação da parcela do aterro que se situa abaixo do nível natural do terreno, o importe de solo para a realização da cobertura diária e final e a maior dificuldade de impermeabilização da fundação e encostas.

O grande objetivo de um aterro, e um dos maiores desafios, é conter lixo de modo que ele não cause problemas ao meio ambiente e para atingir esse objetivo é necessário um sistema de revestimento, ampliação do espaço aéreo através de células, realizar um sistema de drenagem da água da chuva, um sistema eficiente de coleta de lixívia e de metano e uma boa cobertura.

O revestimento evita que o lixo entre em contato com o solo externo e, principalmente, com o lençol freático. Em aterros de resíduos sólidos urbanos, o revestimento normalmente é algum tipo de plástico sintético durável e resistente a perfurações, como por exemplo, o polietileno, polietileno de alta densidade, policloreto de vinila (PVC) e geralmente tem espessura de trinta a cem milímetros. Esse revestimento plástico também pode ser combinado com solos de argila compactados como um revestimento adicional ou pode ser envolvido por uma manta de tecido, manta geotêxtil, que evitará que o revestimento plástico rasgue ou seja perfurado devido às camadas próximas de cascalho e rocha.(NBR 8419)

A capacidade e a vida útil do aterro está diretamente relacionada à quantidade de espaço físico, caso se aumente o espaço físico, pode-se expandir a vida útil do aterro. Para isso, o lixo é compactado em áreas, chamadas de células, que contém material de apenas um dia. Essa compressão é feita por máquinas pesadas, trator, escavadeira, rolo compressor e graduador que passam sobre o monte de lixo várias vezes. Feita a célula, ela é coberta por cerca de quinze centímetros de solo, que depois é compactado. As células são dispostas em fileiras e camadas de células adjacentes.

Como mencionado acima, cada célula é diariamente, de acordo com o volume de resíduos, coberta por quinze centímetros de solo compactado. Essa cobertura isola o lixo compactado do ar e evita que pragas, aves, ratos, insetos voadores, se aproximem do lixo. Como o espaço é um produto precioso, muitos aterros testam lonas

impermeabilizantes ou coberturas pulverizadas com emulsões de argamassa ou papel. Essas emulsões podem cobrir o lixo com eficiência, ocupando pouco mais de meio centímetro em vez de quinze. Quando uma parte do aterro é finalizada, ela é coberta permanentemente com uma capa de polietileno de quarenta milímetros, de acordo com a *figura 11*, e também com uma camada de solo compactado com cerca de sessenta centímetros (NBR 8419). É colocada vegetação nesse solo para evitar a erosão por chuva ou vento. São plantadas gramas e não são utilizadas plantas, árvores ou arbustos, com raízes profundas para que não entrem em contato com o lixo enterrado e não haja lixiviação. Essa cobertura pode ser observada na *figura 12*.



Figura 11 – Cobertura de polietileno



Figura 12 – Cobertura Vegetal

O sistema de drenagem da água da chuva é importante para manter o aterro o mais seco possível e reduzir a lixiviação. Para eliminar a água da chuva, o aterro deve possuir um sistema de drenagem. Canos de plástico de drenagem e revestimentos para chuva coletam a água do aterro e a canalizam para valas em torno da base do aterro, conforme observado na *figura 13*. Os canais são de concreto ou cascalho e levam água a tanques de coleta para o lado do aterro. Nos tanques coletores, *figura 14*, partículas de solo em suspensão decantam e a água é analisada quanto à presença de produtos químicos de lixiviação. Depois da decantação e de a água passar nos testes, ela é bombeada ou pode sair do local.



Figura 13 – Sistema de Drenagem



Figura 14 – Tanque de Coleta

Como nenhum sistema de eliminação de água é perfeito e ela acaba entrando no aterro, a água infiltra-se através das células e do solo no aterro. Ao se infiltrar pelo lixo, a água carrega contaminantes, produtos químicos orgânicos e inorgânicos, metais e resíduos biológicos da decomposição. Essa água com os contaminantes dissolvidos é chamada de lixívia e geralmente é ácida. Para a coleta de lixívia, canos atravessam todo o aterro. Esses canos drenam o líquido para um cano de lixiviação, que levam o material para um tanque coletor de lixívia.

No aterro, as bactérias decompõem o lixo de forma anaeróbica, ausência de oxigênio, pois trata-se de um local fechado. Um produto dessa composição anaeróbica é o gás de aterro, composto aproximadamente de 50% de metano e 50 % de dióxido de carbono com pequenas quantias de nitrogênio e oxigênio. Isso representa um perigo, pois o metano pode explodir e/ou queimar. Por isso, o gás deve ser removido e uma série de canos está enterrada no aterro para coletar o gás. Esse gás depois é liberado ou queimado.

O local do aterro sanitário que teve sua capacidade esgotada e, portanto, encerrou sua atividade, pode servir, em alguns casos, como área de lazer. Um exemplo típico é o de áreas deterioradas que foram recuperadas pela implantação do aterro, como é o caso de terrenos com grandes depressões, escavações e minas desativadas. Importante ressaltar, porém que esses locais jamais devem ser utilizados para fins residenciais, principalmente devido a problemas de segurança, saúde e risco de incêndio e explosões, uma vez que a decomposição do lixo e a geração de gases inflamáveis, perduram por muitos anos, mesmo após o encerramento do aterro.

5.1.1 – Vantagens e Desvantagens de um Aterro

As principais vantagens de um aterro são:

- Baixos custos de investimento e operação;
- Grande flexibilidade da adaptação às quantidades a tratar;
- Recuperação de áreas deterioradas;
- Possibilidade de aproveitamento do gás gerado pela decomposição do lixo;
- Processo autônomo de tratamento de resíduos;
- Não requer pessoal altamente treinado

As principais Desvantagens são:

- Necessidade de área adequada para sua implantação;
- Necessidade de um controle operacional rigoroso para ser mantido em padrões sanitários adequados;
- Necessidade de material de cobertura

É importante ressaltar que devido à escassez de grandes áreas disponíveis e uma maior conscientização em relação à questão ambiental, o sistema de aterro deve ser usado para complementar às soluções de tratamento tanto de resíduos sólidos urbanos como industriais, devendo ser preferencialmente usado quando os resíduos não puderem ter seu volume mais reduzido, podendo constituir muitas vezes a única solução de disposição final para alguns tipos de resíduos.

5.2 – Incineração

A Incineração é um processo de destruição térmica realizado sob alta temperatura, em torno de 900 a 1250 °C, com tempo de residência controlado e utilizado para o tratamento de resíduos de alta periculosidade. Apresenta uma grande vantagem de reduzir consideravelmente o volume dos resíduos, além de destruir os microrganismos que causam doenças, contidos principalmente no lixo hospitalar e industrial. Após a queima, resta um material que pode ser encaminhado para aterros sanitários ou mesmo reciclado. Esses materiais são as escórias, cinzas, os gases e os efluentes.(URITECH)

As escórias e cinzas são dispostas em Aterro próprio, os efluentes líquidos são encaminhados para estação de tratamento, onde 100% retornarão ao processo, e os gases oriundos da queima são tratados e monitorados on-line, sob os seguintes parâmetros: vazão, temperatura, níveis de O₂, CO e também índices de NO_x, SO_x e materiais particulados.

No processo, existem alguns parâmetros que devem ser levados em consideração no momento em que os resíduos são incinerados, como o poder calorífico inferior dos resíduos, a umidade e a composição das cinzas provenientes da queima dos resíduos. Estes itens interferem diretamente no rendimento do processo de incineração, pois se a umidade for elevada, necessitaremos de maior energia para que haja a combustão dos resíduos. O poder calorífico nos resíduos é inversamente proporcional à energia utilizada para a combustão.

A incineração é uma das alternativas mais adequadas pelo Conselho Nacional do Meio ambiente, Conama, para os resíduos que contém microorganismos patogênicos e a grande maioria dos incineradores industriais que prestam serviços a terceiros estão localizados em sua maioria no Estado de São Paulo, com capacidade total de 26.000 toneladas/ano em cinco unidades, existindo ainda um no Rio de Janeiro, com capacidade de 6.500 toneladas/ano, dois na Bahia, com 14.400 toneladas/ano e um em Alagoas com capacidade de 11.500 toneladas/ano. Dada a dimensão do parque industrial brasileiro, essa capacidade instalada é ainda muito pequena, se comparada com os incineradores industriais dos países europeus e dos EUA.

O envio de resíduos para incineração deve respeitar as etapas citadas nos capítulos anteriores, como coleta de amostra, análise de caracterização, armazenamento adequado, transporte licenciado e a carga acondicionada de forma segura, obtenção das Licenças Ambientais junto aos órgãos ambientais nas duas pontas, gerador e incinerador, aviso ou permissão de tráfego de outros Estados situados na rota, carregamento do veículo e amarração de carga, inspeção geral do veículo, da documentação e do motorista.

Podemos descrever o processo de incineração em cinco fases distintas, contudo poderá haver uma variação quanto ao tipo de equipamento utilizado. Inicia-se com pré-tratamento, seguido da alimentação, incineração, condicionamento dos gases e termina com o tratamento dos gases, conforme indicado na *figura 15*.

O pré-tratamento é a etapa de moagem, secagem, compostagem e ensacamento. A alimentação pode ser manual, de esteira rolante, de roletes ou com multigarras. Já a

incineração são câmaras múltiplas, com ar controlado, forno rotativo e grelhas móveis. O condicionamento dos gases ocorre através dos trocadores de calor, do resfriamento e mistura com água e o tratamento pode ser feito através dos precipitadores eletrostático, filtros de manga ou lavadores de venturi.(URITECH)



Figura 15 - Planta de Incineração

Fonte – URI Soluções Ambientais

O incinerador é alimentado por material orgânico em sua parte superior, através da câmara de alimentação. Como a câmara possui duas tampas, as mesmas são acionadas alternadamente, a fim de evitar o contato direto com as câmaras de combustão, impedindo assim que saiam gases do interior do incinerador.

Pequenos escapamentos de gases são aspirados pelo ventilador através de uma tubulação existente entre a câmara de alimentação e o ventilador de ar e conduzidos à pós-combustão. Dentro do incinerador se desenvolve o processo de aquecimento do material orgânico, na câmara de aquecimento do material, durante a sua queda até a grelha, onde atinge a primeira região de gaseificação, chamada de câmara de gaseificação e decomposição do material, onde é injetado ar de forma controlada, para o craqueamento das moléculas maiores. Nesta etapa, numa atmosfera pobre em oxigênio, se realiza a gaseificação do material orgânico.

A combustão tem continuidade na região abaixo da grelha, onde é injetado ar novamente a fim de manter o leito candente sobre a mesma e, conseqüentemente, atingir a gaseificação completa do material orgânico. Os gases e as cinzas passam através de

aberturas entre a grelha e as paredes laterais internas do reator. As cinzas se depositam na parte inferior do reator, conhecida como cinzeiro, onde é injetado ar para sua queima completa. Os materiais que se precipitam para o cinzeiro sem queimar, são ali gaseificados. As cinzas são recolhidas na parte inferior do cinzeiro, removendo-se a tampa. O gás combustível resultante da gaseificação é parcialmente eliminado na câmara de combustão primária dos gases, abaixo da grelha, onde é injetado ar de forma controlada.

Os gases excedentes da câmara primária de combustão são direcionados através de uma saída de gás para uma câmara de combustão secundária, mix, e câmara final (ciclone). Na câmara de combustão final, ou pós-combustão, os gases são eliminados de forma completa, emitindo para a atmosfera somente gases limpos. Devido à pressão existente no interior do reator, parte das cinzas, partículas mais leves, são lançadas em direção ao ciclone.

Para início do processo de queima do material e aquecimento da câmara de combustão final, são utilizados dois ignitores. Os ignitores ficam acionados até que o ciclone atinja temperatura adequada para a combustão se auto-sustentar. O ar necessário para a gaseificação e as duas etapas de combustão final dos gases é fornecido por dois sistemas de ar forçado: um de ar primário e o outro de ar secundário. O de ar primário serve essencialmente para fornecer ar para gaseificação, e o de ar secundário, para fornecer ar para combustão final dos gases. Os dois sistemas de ar forçado são compostos por um ventilador, dutos para canalização do ar e registros para regulação da vazão do ar.

O incinerador é estruturado externamente com vigas, chapas de aço e cantoneiras, e internamente é revestido por camadas de concreto, isolante térmico e refratário de boa resistência térmica devido ao alto teor de alumina, 70% de Al_2O_3 .

A grelha é construída em aço, com sistema refrigerado a ar, resistente a corrosão e à temperatura constante de 600°C, com picos de até 900 °C.

Na queima de materiais com alto teor calorífico, a temperatura na câmara de combustão final pode atingir até 1.600°C, apesar de operar normalmente entre 850°C e 1.250°C. As altas temperaturas, acima de 1.250°C, normalmente não são recomendáveis, pois aumentam o teor de óxido de nitrogênio, NO_x , nos gases de escape.

O combustível auxiliar utilizado no processo é o querosene, para tanto, o equipamento vem equipado com tanque com capacidade suficiente para dez a doze

ignições. O consumo para cada início de processo é de aproximadamente três a cinco litros. Utiliza-se querosene ou gás natural, pelo fato de que estes combustíveis oferecem uma queima mais limpa, emissão de gases reduzida, quando as câmaras de combustão ainda estão frias e as misturas de ar e gás são de regulagem sensível.

5.2.1 – Resíduos Passíveis e Não Passíveis de Incineração

Resíduos passíveis de Incineração:

- resíduos sólidos, pastosos, líquidos e gasosos;
- resíduos orgânicos clorados e não-clorados (borra de tinta, agrodefensivos, borras oleosas, farmacêuticos, resíduos de laboratório, resinas, entre outros);
- resíduos inorgânicos contaminados com óleo, água contaminada com solventes, entre outros;
- resíduos ambulatoriais.

Resíduos não passíveis de Incineração:

- radioativos;
- resíduos totalmente inorgânicos;
- resíduos hospitalares de centro cirúrgico.

5.2.2 – Vantagens e Desvantagens da Incineração

As principais vantagens da Incineração são:

- destruição total da parcela orgânica dos resíduos;
- monitoramento *on-line* de todo o processo;
- emissões atmosféricas totalmente controladas;
- redução do impacto ambiental;
- recuperação de energias;

- flexibilidade na forma de recebimento dos resíduos (tambores, bombonas, caixas, fardos, sacos e big bags);
- aumento da vida útil dos aterros sanitários.

As principais desvantagens são:

- custo elevado de operação e manutenção;
- mão-de-obra qualificada;
- os limites de emissão de componentes da classe das de dioxinas e furanos que são lançados na atmosfera.

5.3 – Co-Processamento de Resíduos

No Brasil, o co-processamento está em plena expansão e já é uma realidade em âmbito nacional. Representa a integração ambiental segura dos resíduos industriais com o processo de elaboração do cimento. É uma alternativa competitiva com relação a disposição em aterros e incineração, e, ao contrário desses, caracteriza-se pela destruição total de grandes volumes de resíduos, sem geração de novos passivos ambientais. O uso de resíduos no processo de fabricação de cimento através de seu aproveitamento energético ou como matéria-prima promove a conservação e racionalização dos recursos minerais e energéticos do País, além de permitir à indústria brasileira de cimento desempenhar um papel preponderante no gerenciamento de resíduos sólidos industriais, como alternativa ambientalmente sustentável, economicamente viável, em condições estritamente controladas, dentro de um marco regulador existente, e em linha com o princípio estratégico do desenvolvimento sustentável global.

Para compreender como ocorre o co-processamento em fornos de cimento, inicialmente se faz necessário o entendimento de como se dá a produção de cimento. O cimento é uma composição de argila, calcário, areia e uma pequena quantidade de compostos contendo ferro que são aquecidos num forno robusto e de grande porte, a altas temperaturas, durante tempo suficiente para reagirem quimicamente e se transformarem em pequenas bolas chamadas clínquer. (HOLCIM S.A)

Os procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para co-processamento de clínquer em fornos rotativos de cimento foram

definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente que publicou em 1999, a resolução 264, em vigor desde março de 2000, estabelecendo limites de emissão de material particulados e poluentes. A resolução 316 de 2002 para sistemas de tratamento térmico complementou a regulamentação, estabelecendo para o co-processamento o limite de emissão de dioxinas e furanos. Este movimento reverteu-se rapidamente em múltiplos processos de licenciamento do co-processamento em fábricas de cimento no Brasil.

Os resíduos se integram ao processo de fabricação do cimento, seja como matérias-primas ou como combustível alternativo ou AFR (Alternative Fuels and Raw Materials). A combustão é a reação chave do processo de fabricação do cimento, que transforma matérias-primas em clínquer. A alta temperatura do forno, o tempo de residência dos gases, a turbulência no interior do forno e os parâmetros da combustão na produção de cimento são ideais e até superiores aos padrões exigidos para a destruição ambientalmente segura dos resíduos perigosos. O co-processamento de resíduos se utiliza desses parâmetros de combustão de maneira integrada ao processo de fabricação de cimento. Desta forma, os fornos de cimento possuem capacidade de destruição de grandes volumes de resíduos. Essa técnica não altera a qualidade do cimento e é praticado de forma segura e ambientalmente adequada tanto para os trabalhadores do setor quanto para a comunidade em torno das fábricas

O cimento produzido pela indústria brasileira atende as normas específicas de qualidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A indústria de cimento é a que tem maior índice de conformidade às normas brasileiras, como comprova o programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), do Ministério das Cidades. Os óxidos nas formas de minerais proveniente do processo de queima de resíduos perigosos, ficam presos nas cadeias cristalinas do clínquer, não prejudicando a qualidade do cimento.(ABCP,2004)

Segundo dados fornecidos pela Holcim S.A ¹ descritos no gráfico da *figura 16*, na Europa o co-processamento atingiu os patamares acima dos 40% em substituição de energia térmica com o uso de resíduos industriais e pneus nos fornos de cimento. Na América do Norte foram aproximadamente 15 % de substituição energética utilizando resíduos. Com os custos de Petróleo sempre se elevando no Mundo, o co-processamento tende a se fixar como prática de destinação de resíduos e de redução de custos das indústrias de cimento.

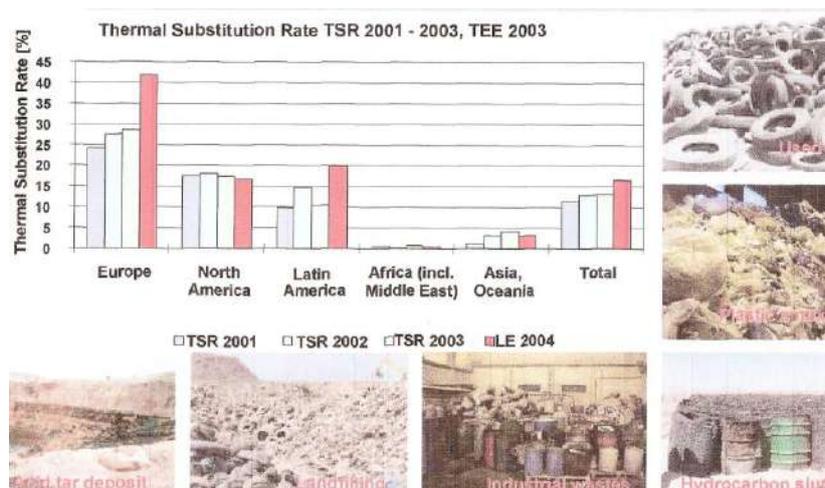


Figura 16 – Substituição energética

Fonte - Holcim Brasil S.A

No cenário nacional, como podemos observar na *Tabela 3*, a indústria brasileira é composta por dez grupos cimenteiros que reúnem cinquenta e sete unidades de produção espalhadas pelo País, sendo dez delas de moagem e quarenta e sete fábricas. Grande parte está concentrada na região sudeste com vinte e nove unidades e sessenta fornos, seguida da região nordeste com treze unidades e vinte e seis fornos, a região centro-oeste possui seis unidades e doze fornos, a região sul com sete unidades e dezesseis fornos e a região norte com duas unidades e quatro fornos. Totalizando unidades e cento e dezoito fornos.

Tabela 6 - Grupos Cimenteiros e números de fábricas no Brasil

Grupos Cimenteiros	Número de Fábricas
Cimpor	05
Camargo Correa	08
CP Cimentos	04
Ciplan	01
Holcim	05
Itambé	01
Lafarge	06
Nassau	09
Soeicon	01
Voltorantin	17
10 grupos	57

Fonte – ABCP(Associação Brasileira de Cimento Portland)

Das quarenta e sete fábricas, trinta são licenciadas pelos órgãos ambientais estaduais competentes para co-processar resíduos e várias outras encontram-se em processo de licenciamento. Podemos observar a distribuição geográfica dessas empresas licenciadas na *figura 17*. A geração anual de resíduos industriais é estimada em 2,7 milhões de toneladas. A indústria de cimento co-processa cerca de 800 mil toneladas por ano, correspondendo a aproximadamente 30% do total. A expectativa é que esse volume possa chegar a 1,5 milhão de toneladas.

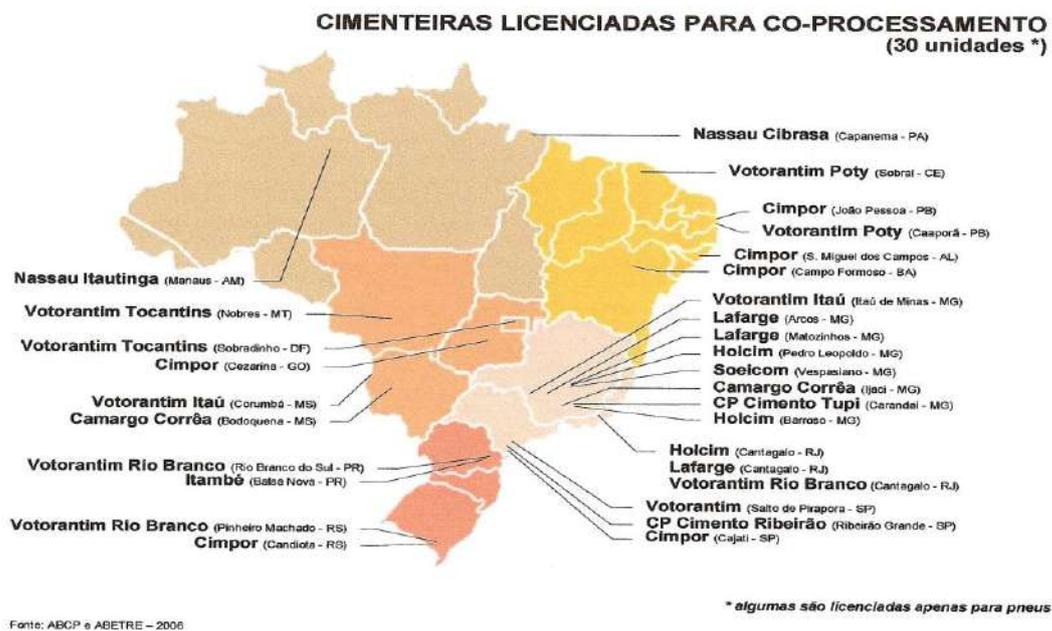


Figura 17 – Fornos de Cimento Licenciados para Co-processamento

Fonte – ABCP e ABETRE /2006

Os fornos de cimentos co-processam e conseqüentemente eliminam resíduos de diversas indústrias, principalmente dos setores químico, petroquímico, metalúrgico, alumínio, pneumático, automobilístico e de papel e celulose. Podem ser co-processados resíduos perigosos ou não perigosos que atendam aos critérios de aporte de energia, ou seja, que contenham poder calorífico mínimo de 2 800 kcal/kg e/ou que contribuam para o aporte de matéria-prima alternativa. Entre os resíduos mais comuns encontram-se borrachas, solventes, tintas, e óleos usados, pneus, borras de petróleo e de alumínio, e ainda solos contaminados e lodos de centrais de tratamento de esgoto. De acordo com a

legislação brasileira, resíduos domésticos, hospitalares, radioativos, agrotóxicos e explosivos não podem ser queimados nos fornos de cimento.

Os resíduos chamados proibidos são aqueles cujas características causam efeitos nocivos ao meio ambiente, tanto pelos seus efeitos na emissão gasosa quanto na qualidade final do cimento, como por exemplo, resíduos radioativos, qualquer tipo de resíduo hospitalar de qualquer classe, lixo doméstico comum, pilhas e baterias, lâmpadas e equipamentos eletro-eletrônicos. Segundo dados do EPA, Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente, estudos revelam as faixas críticas de temperatura: de 200 ° a 400° Celsius que favorecem a formação dos compostos denominados: Dioxinas e Furanos, que são verdadeiros venenos para os fornos.

Um indicador de performance dos fornos de fabricação de cimento de eficiência na destruição de compostos perigosos, é o chamado Índice de incinerabilidade. Definido da seguinte forma,: $I=C+(a/H)$, em que C é a concentração de cada espécie química orgânica existente no resíduo, a é uma constante com o valor de 100 kcal/grama e H é o valor do calor de combustão por grama da substância. Valores elevados do índice I para uma dada substância indicam grande dificuldade na sua eliminação por incineração.

Assim grandes concentrações ou calores de combustão muito baixos são indicadores de maiores dificuldades na eliminação da substância. (Holcim S.A)

Este conjunto de critérios permite prever, mediante a análise química de um resíduo, se haverá ou não problemas na sua eliminação. As conclusões de Weitzman foram comprovadas por testes que demonstraram a capacidade do forno de cimento de destruir resíduos orgânicos. O processo de produção de cimento requer que o forno seja operado a altas temperaturas, o que também é necessário para destruir resíduos orgânicos. Para produzir clínquer, o material de dentro do forno precisa alcançar uma temperatura de aproximadamente 2.700 ° F (1482 ° C). O aquecimento desse material para tal temperatura requer uma temperatura de chama de até 3.500 ° F, 1927 ° C. Portanto, os fornos de cimento operam em condições que garantem a destruição dos compostos orgânicos, já que tais condições são essenciais para a produção de cimento.

5.3.1 – Fabricação de Blends

No processo de injeção de resíduos no forno de cimento, é fundamental conhecer tanto a sua natureza física como também a sua natureza química. Analisando apenas o aspecto físico podemos classificá-los em três tipologias: Sólido, Semi-sólidos e Líquidos. Subdividindo ainda os líquidos em dois grupos: Com e Sem Poder Calorífero Inferior.

No co-processamento, são essenciais, a classificação e homogeneização dos resíduos industriais em unidades de pré-preparação. São as chamadas Plataformas, Estações para Tratamento de Resíduos (ETR). Podem ser empresas terceiras que fazem esse controle e pré-homogeneização dos resíduos ou empresas próprias. São também conhecidas comercialmente como Blendeiras. Possuem estrutura para abrir tambores, big bags, operações de peneiramento, trituração, laboratórios para análises físico-química tanto de metais como de compostos orgânicos dos resíduos. A distribuição dessas unidades de blend pode ser observada, abaixo na *Figura 18*.

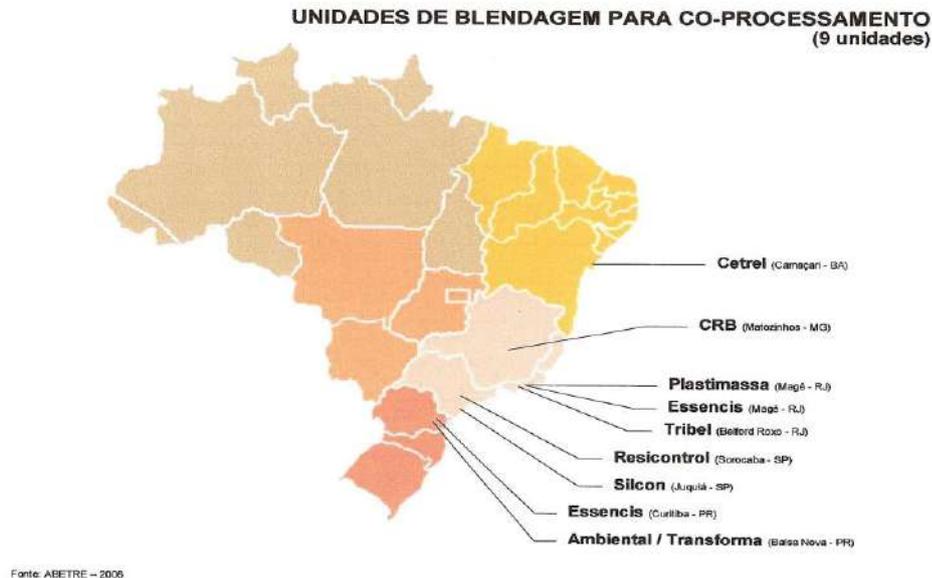


Figura 18 – Localização das unidades preparadoras para Co-processamento

Fonte – ABETRE – 2006

O termo Mix energético ou Blend, é o resultado de uma combinação de uma série de resíduos com propriedades físico-química semelhantes, objetivando sua homogeneização, secagem e complemento de propriedades energéticas com incremento de serragem e moinha vegetal em pó.

São dois pontos de injeção principais num forno de cimento, representados na *Figura 19*. Os Pontos A e B representam o ponto de consumo do chamado Blend fino, trata-se de um mix com granulometria de 10 mm de diâmetro médio de partícula e são injetados no interior do maçarico principal. O transporte e a injeção é realizada através de transporte pneumático diretamente para o maçarico principal. Zona de Queima com a mais alta temperatura do forno, temperatura acima dos 1 400 ° C (Holcim).

Os Pontos C e D representam o ponto de consumo do mix com granulometria de 40 mm de diâmetro médio de partícula, ou seja, diâmetro superior, quando comparado com o mix / Blend fino. A injeção é feita diretamente na chamada caixa de fumaça, onde a temperatura média é acima de 900 ° C . (Holcim)

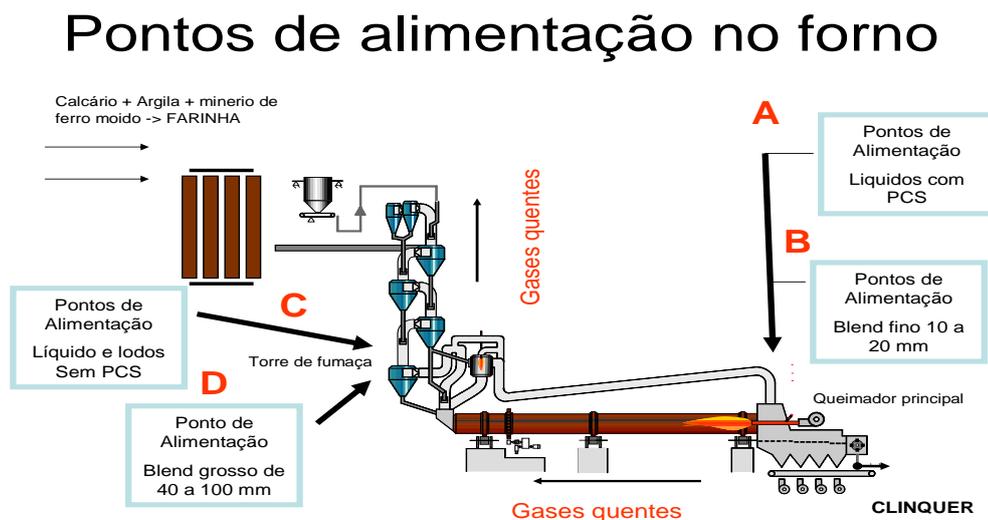


Figura 19 – Pontos de Alimentação no Forno.

Fonte – Holcim S.A

Algumas medidas são fundamentais para garantir que o uso de AFR (Alternative Fuels and Raw Materials) não gere impactos negativos nas emissões dos fornos de cimento:

- Todos os combustíveis alternativos devem ser alimentados diretamente nas zonas de alta temperatura do sistema de um forno, isto é, via maçarico principal,

parte central do forno, caixa de fumaça, maçarico secundário na torre ou pré-calcinador. O mesmo procedimento deve ser adotado com as matérias-primas alternativas com elevadas quantidades de substância volátil (orgânicos e enxofre).

- A concentração de poluentes em materiais alternativos para os quais o processo de cimento tem capacidade de retenção insuficiente, como o Mercúrio (Hg) deve ser limitada.
- As linhas de produção devem ser equipadas com um sistema capaz de alimentar o pó dos filtros da operação diretamente nos moinhos de cimento.
- Conhecer a origem dos resíduos e do AFR (Alternative Fuels and Raw Materials) é essencial para minimizar os riscos operacionais, assegurar a qualidade do produto final e evitar emissões indesejáveis.
- Protocolos de monitoramento e auditoria do gerenciamento de resíduos e AFR (Alternative Fuels and Raw Materials) no Co-processamento devem ser criados e implementados.

5.3.2 - Vantagens e desvantagens do Co-processamento

As Principais Vantagens do Co-Processamento São:

- Eliminação definitiva, técnica e ambientalmente segura dos resíduos;
- Substituição de recursos energéticos não renováveis por fontes alternativas de energia;
- Preservação de jazidas, já que parte dos resíduos substitui a matéria-prima;
- Contribuição à saúde pública pela destruição total dos resíduos e no combate a focos de doença, como, por exemplo, aos mosquitos da dengue hospedados nos pneus velhos;
- Geração de novos empregos;
- Destruição total dos resíduos, sem gerar passivos.

As principais desvantagens são:

- custo elevado de operação e manutenção;
- mão-de-obra qualificada;

- os limites de emissão de componentes da classe das de dioxinas e furanos que são lançados na atmosfera;
- resíduos hospitalares, radioativos, lixo domésticos, pilhas e baterias não podem ser co-processados.

5.4 – Reciclagem

O retorno da matéria-prima ao ciclo de produção é denominado reciclagem, embora o termo já venha sendo utilizado popularmente para designar o conjunto de operações envolvidas. As indústrias recicladoras são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo os resíduos que seriam descartados. A palavra reciclagem foi introduzida ao vocabulário internacional no final da década de 80, quando foi constatado que as fontes de petróleo e outras matérias-primas não renováveis estavam e estão se esgotando. Reciclar significa = Re (repetir) + Cycle (ciclo).(BRASIL;SANTOS,2004)

A reciclagem é representada por três setas e esse símbolo é impresso em produtos passíveis de serem reciclados. Cada seta representa um grupo de pessoas que são indispensáveis para garantir que a reciclagem ocorra: A primeira seta representa os produtores, eles vendem o produto para o consumidor, que representa a segunda seta e a terceira representa as companhias de reciclagem que coletam os produtos recicláveis e encaminham para os produtores transformá-los em novos produtos.

A conscientização para a necessidade da reciclagem é um dos principais fatores de proteção ambiental, tornando-se essa técnica muito utilizada em todos os segmentos industriais. Essa técnica traz uma série de benefícios, tanto na esfera econômica como na ótica ambiental, com a redução da exploração dos recursos naturais, tais como:

- Cada 50 Kg de papel usado, transformado em papel novo, evitam que uma árvore seja cortada, sendo assim a cada 1000Kg de papel 20 árvores são preservadas.
- Cada 50Kg de alumínio usado e reciclado, evitam que sejam extraídos do solo cerca de 5000 Kg de minério, a bauxita.
- Com 1 Kg de vidro faz-se exatamente 1 Kg de vidro novo, sendo que a grande vantagem do vidro é que ele pode ser reciclado várias vezes.

- Diminuição da contaminação do adubo orgânico produzido do próprio lixo.
- Economia de energia e matérias-primas.
- Melhora a limpeza das cidades e a qualidade de vida da população, com uma redução no custo da limpeza pública.
- Gera renda pela comercialização dos recicláveis e empregos para a população não qualificada e os usuários dos programas sociais e de saúde pública. (BRASIL;SANTOS,2004)

Qualquer projeto que se destine à preservação do meio ambiente não terá êxito se não houver uma conscientização de todas as pessoas envolvidas, da comunidade, dos empresários, dos governantes, enfim, de todos. A conscientização permite diferenciar os materiais que são passíveis de reciclagem dos que não se enquadram nesse processo, a *Tabela 7* exemplifica essa diferença.

Tabela 7 – Materiais passíveis de Reciclagem:

RECICLÁVEL	NÃO RECICLÁVEL
<p><u>PAPEL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Jornais e revistas, folhas de caderno, formulários de computador, caixas em geral, aparas de papel, fotocópias, envelopes, provas, rascunhos, cartazes velhos, papel de fax. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiqueta adesiva, papel carbono, fita crepe, papéis sanitários, papeis metalizados, papeis parafinados, papéis plastificados, papéis sujos, guardanapos, bituca de cigarro, fotografias.
<p><u>METAL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lata de folha-de-flandres usadas em embalagens de: óleo, salsicha, leite em pó, etc. • Lata de alumínio • Sucatas de reformas • Canos 	<ul style="list-style-type: none"> • Esponja de aço.
<p><u>VIDROS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Embalagens espelhos • Garrafas de vários formatos • Copos • Cerâmica • Porcelana • Tubos de TV 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidros Planos • gesso
<p><u>PLÁSTICO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Embalagem de refrigerante • Embalagem de Material de Limpeza • Copinho de Café • Embalagem de Margarina • Canos e Tubos • Sacos plásticos em geral 	<ul style="list-style-type: none"> • Cabo de panela • Tomadas • Embalagem de biscoito • Mistura de papel, plásticos e metais

Fonte – Livro Equilíbrio Ambiental & Resíduos na Sociedade Moderna

Na esfera econômica podemos observar os benefícios, através dos dados do CEMPRE, exemplificados na *Tabela 8*, que identificam os preços de cada material reciclado em diferentes regiões do Brasil, levando em consideração a qualidade do material e se o material está prensado e limpo.

Tabela8 – Preço (em Real) por Tonelada de cada Material Reciclado:

Região	Papelão	Papel branco	Latas aço	Alumínio	Vidro incolor	Vidro colorido	Plást. rígido	PET
Salvador (BA)	200 pl	350 pl	-	3.000 pl	80 l	40 l	400 l	700 pl
Brasília (DF)	130 pl	260 pl	70 pl	3.200pl	20	30	180 pl	500 pl
Vitória (ES)	120 p	401,50 p	81,25 l	3.000 p	40	20	460 p	760 p
Belo Horizonte (MG)	270 p	401,5 pl	81,25	3.000 p	40	20	460 p	760 p
Curitiba (PR)	200 pl	560 pl	190 p	3.230 p	40	40	500 p	750 p
Canoas (RS)	260 l	360 l	140 l	1.400 l	50 l	50 l	350 pl	350 pl
Farroupilha (RS)	290 pl	410 pl	50 pl	2.000 pl	50 l	50 l	250 pl	520 pl
Rio de Janeiro(RJ)	300 pl	440 l	100	3.000	70 l	60 l	180 p	350 pl
Campinas (SP)	230 l	435 l	177	3090 l	100 l	62	295	437 l
Jundiaí(SP)	250 p	350 pl	220	2.900 l	120	65	350	830p
Ribeirão Preto (SP)	250 p	-	100 p	2.500 p	-	-	160 p	490 p
Santo André (SP)	220 l	270 l	110 pl	2.700 pl	140	50	250 pl	600 pl
Santos (SP)	230 l	400	150 l	3.000 l	-	70	270 l	500 l
São Paulo (SP)	210 p	200 l	292	3.545 pl	150	150	320	720l

Fonte – CEMPRE - 2007

Legenda:

p = prensado

l = limpo

Podemos observar que o Rio de Janeiro apresenta o melhor preço por tonelada de papelão reciclado, considerando esse material prensado e limpo. Curitiba apresenta o melhor preço por tonelada de papel branco e plástico rígido reciclado, São José dos Campos para Latas de aço e PET, Nova Odessa em São Paulo para alumínio, São Paulo para vidro incolor e colorido. O material que apresenta em média o melhor preço para reciclagem é o alumínio, seguido do plástico rígido e do PET.

5.4.1 – Vantagens e desvantagens da reciclagem

As principais vantagens da Reciclagem são:

- Melhora a limpeza da cidade e a qualidade de vida da população;
- Prolonga a vida útil de aterros sanitários;
- Gera empregos para a população não qualificada;
- Gera receita com a comercialização dos recicláveis;
- Estimula a concorrência, uma vez que produtos gerados a partir dos reciclados são comercializados em paralelo àqueles gerados a partir de matérias-primas virgens;
- Contribui para a valorização da limpeza pública e para formar uma consciência ecológica.

As principais desvantagens são:

- Dependendo do material o custo da produção de produtos reciclados é maior do que o custo dos mesmos produtos gerados a partir da matéria-prima virgem;
- Produtos em contato com resíduos classe I não devem ser reciclados;
- Não realiza a descontaminação dos resíduos.

Capítulo 6 – Comparação das Principais Técnicas de Destinação Final

Comparando as tecnologias disponíveis para destinação final dos resíduos, a reciclagem e o co-processamento possuem uma grande vantagem por reduzir o consumo de recursos naturais não renováveis. O co-processamento apresenta uma outra vantagem frente ao Aterro e a incineração por não gerar passivo e nem formar novos resíduos.

Comparando o aterro sanitário e o industrial, o aterro Sanitário por conter uma boa parcela de resíduos orgânicos, gera biogás que pode ser aproveitado como fonte de energia, seja na forma elétrica ou térmica, o que não ocorre com o aterro industrial.

Um resíduo industrial perigoso disposto em aterro classe I será confinado em células isoladas obedecendo a normas e critérios técnicos específicos de sua licença de operação. No aterro, o resíduo está confinado e sofrerá algumas transformações, gerando novos tipos de resíduos: o chorume e o gás do lixo que são subprodutos dessas reações químicas, que ocorrem dentro das células do aterro. Esses subprodutos são coletados e encaminhados para tratamento.

Uma das maiores preocupações das empresas que destinam os seus resíduos para um aterro, é fruto da Lei de responsabilidade do gerador. Uma instalação, que aparentemente hoje é devidamente licenciada, e atende a todas as condicionantes para sua devida operação, pode no futuro ser um problema de passivo ambiental, ou seja, as empresas terem que arcar com os custos e com os riscos de uma nova destinação final de resíduos. O Aterro Mantovani, localizado em São Antonio de Posse é um exemplo.

Os incineradores industriais são instalações complexas, com um elevado custo de operação e servem para destruição de resíduos químicos específicos, embalagens de agrotóxicos, produtos farmacêuticos e resíduos hospitalares. Porém, apresenta capacidade de destruição bastante limitada quando comparadas com a capacidade de destruição de aterros e co-processamento.

Assim como no aterro, a incineração também gera novos resíduos como subprodutos da queima: efluentes líquidos, provenientes da lavagem química dos gases e as cinzas, ou melhor, os óxidos, os sólidos fixos. Esses subprodutos são coletados e encaminhados para tratamento.

A *Tabela 9* estabelece uma comparação entre as três tecnologias, levando em consideração o aproveitamento energético e de materiais, a destruição dos resíduos, a geração de novos resíduos, e o favorecimento da redução de emissão do CO₂.

Tabela 9– Comparação entre as Tecnologias

Comparativo	Aterro Industrial	Incineração	Co-processamento
Aproveitamento Energético	NÃO	SIM, (com Investimento)	SIM
Aproveitamento de Materiais	NÃO	NÃO	SIM
Destruição Total	NÃO	NÃO	SIM
Geração de Novos Resíduos	SIM	SIM	NÃO
Favorece a Redução de CO₂	NÃO	NÃO	SIM

Fonte – Holcim Brasil S.A

Segundo dados da ABETRE de 2004 e 2005, exemplificados na *Tabela 10*, a maior parte dos resíduos industriais são destinados para Aterro, seguidos do Co-processamento, incineração e reciclagem. Essa distribuição deve-se ao fato da maior parte dos resíduos industriais serem de classe II e a destinação para aterro é economicamente mais viável.

Tabela 10 - Quantidade processada por tecnologia nos anos de 2004/05

Quantidade Processada por Tecnologia(ton)	2004		2005	
RESÍDUOS INDUSTRIAIS	2978.331	100%	3.925.189	100%
Aterro para Classe II-A	1.723.604	58%	1.600.896	49%
Aterro para Classe II -B	443.460	15%	490.198	15%
Aterro para Classe I	119.644	4%	235.466	7%
Co-processamento	470.000	16%	690.000	21%
Incineração	48.219	2%	63.630	2%
Outros Tratamentos Térmicos	53.096	2%	78.608	2%
Tratamentos Biológicos	5.000	0%	13.557	0%
Reciclagem	115.308	4%	122.834	4%

Fonte – ABETRE

6.1 – Custos e Cultura na Disposição Final de Resíduos

A tecnologia que apresenta o menor custo para o gerador é a reciclagem, que em muitos casos, gera receita. O Aterro ainda apresenta um custo em Reais por tonelada muito menor do que a destruição térmica, seja a Incineração ou co-processamento que são tecnologias mais modernas e possuem um custo de operação mais elevado.

Países da Europa, como Itália, Alemanha, Suíça, França aboliram o uso dos Aterros para os resíduos classe I, aplicando como medida o tratamento e a destruição térmica dos mesmos. No Brasil, por ser um território com relativa baixa densidade populacional e grandes áreas ainda inabitadas com características geológicas específicas, como solos com baixa permeabilidade, há forte presença dos aterros em diversos estados. Portanto os volumes destinados para os aterros são grandes e crescem ano a ano, impulsionados pelos preços e pela disponibilidade e baixas especificações dos resíduos por apresentar maior simplicidade.

Os incineradores são instalados normalmente próximo as instalações de indústrias do setor farmacêutico, químico e ou agrotóxico, para prestarem serviços de destruição dos resíduos gerados por essas empresas e estendem essa tecnologia a empresas terceiras que se interessem. São os resíduos que tem os custos de disposição mais altos.

O preço por tecnologia, depende muito da tipologia dos resíduos e de todas as etapas de gerenciamento descritas nos capítulos anteriores, mas considerando a composição média dos resíduos destinados para cada tecnologia podemos destacar a incineração que possui o maior custo de disposição e o aterro que possui o menor custo, de acordo com a *Tabela 11*.

Tabela 11 – Comparação Custo x Tecnologia de Disposição

Comparativo	Aterro Industrial ClasseI	Aterro Industrial ClasseII	Incinerador	Co-processamento
Preço Médio de R\$/tonelada	270	80	1500	400

Fonte – ABETRE 2006

Capítulo 7 – Aplicação das Técnicas – Estudos de Casos

Neste capítulo será apresentado um estudo de casos aplicando as técnicas descritas nos capítulos anteriores, em três segmentos industriais distintos: Indústria Farmacêutica, Refinaria e Indústria de Alimentos.

Procuramos analisar esses três segmentos por serem bem desenvolvidos no cenário nacional, terem entre si características distintas, serem consideradas fontes poluidoras e gerarem resíduos distintos.

Aplicando a metodologia adotada no capítulo 2, devemos iniciar o gerenciamento identificando o processo de geração e realizando as análises dos resíduos, descritas no capítulo 3. Com o resultado das análises devemos segregar e armazenar o material de acordo com a metodologia de armazenamento adotada no item 3.1, respeitando a *Tabela 2* de incompatibilidade dos grupos. Após as análises e segregação dos materiais devemos identificar o melhor destino para os resíduos, levando-se em conta os aspectos econômicos, ambientais e de segurança. Definido o destino final dos resíduos devemos transportar os resíduos adotando os procedimentos apresentados no capítulo 4, com a carga devidamente acondicionada, garantindo um transporte seguro.

Todas as etapas que necessitem da manipulação dos resíduos, devem ser executadas com o máximo de segurança, utilizando equipamentos de proteção específico para cada atividade, procurando adotar um processo mais mecanizado possível que diminua o contato direto do operador com os resíduos, garantindo uma maior segurança e conseqüentemente maior produtividade.

Adotando este procedimento em todas as etapas descritas anteriormente, realizamos um estudo de caso considerando a geração dos resíduos em cada segmento, a origem, classe, acondicionamento, quantidade, período de armazenamento e destinação final.

7.1 – Indústria Farmacêutica

A indústria farmacêutica destaca-se por ser altamente mecanizada, muito produtiva, resultado de altos investimentos e devido a sua atividade presa acima de tudo pela qualidade dos produtos e uma boa imagem no mercado.

Este seguimento destaca-se pela otimização do processo produtivo, aproveitamento ao máximo a matéria-prima, tratando os rejeitos e gerando pequenos volumes de resíduos.

Devido a sua atividade a indústria farmacêutica é constantemente fiscalizada, o que obriga esse setor a adotar um gerenciamento adequado dos resíduos, promovendo a descaracterização dos produtos inacabados e um destino final que garanta a destruição total das substâncias perigosas presente nos resíduos.

Na indústria farmacêutica os resíduos que foram considerados no estudo e tem como origem: produto final, reagentes, ambulatorios, matéria-prima, manutenção e resinas, são indicados para incineração de acordo com o item 5.2.1. Esta técnica garante a destruição térmica das substâncias perigosas presentes nos resíduos.

Os resíduos como EPI's contaminados, pó dos exaustores, caixas de cremes e pomadas, carvão ativado e areia (de origem de ETE) o Co-processamento é a melhor técnica de destinação. Esses resíduos são destruídos termicamente nos fornos de cimento, sem gerar passivo.

Os filtros e o lodo ativado por serem considerados não perigosos são destinados para o aterro, por ser mais viável economicamente. Já à reciclagem destinam-se as lâmpadas fluorescentes.

Pelas características físicas dos resíduos a maior parte é acondicionada em tambores, devidamente identificados.

Percebe-se que a maioria dos resíduos são classificados como classe I – perigosos, gerados em pequenas quantidades acarretando em um período maior para a retirada.

A partir dos dados fornecidos pelos representantes das indústrias farmacêuticas, (resíduos de acordo com a sua origem, quantidade e periodicidade), a partir disso, foram analisados caso a caso de acordo com a metodologia especificada no capítulo 2 e

formulou-se a *tabela 12*, que segue abaixo. Nela especificamos de forma sintetizada todo o estudo de caso aplicado na indústria Farmacêutica.

A divulgação dos resíduos gerados na indústria farmacêutica e a forma de gerenciamento dos mesmos, torna-se muito importante devido a restrição ao acesso dessas informações. O intuito deste estudo, é justamente, facilitar a informação aos profissionais que atuem nesse segmento ou que possam vir a atuar.

Tabela 12 – Estudo de caso na Indústria Farmacêutica

Resíduo	Origem	Quantidade	Periodicidade	Classe	Acondicionamento	Destinação Atual	Destinação Proposta
Medicamentos Fora de Especificação -Liq.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Medicamentos Fora de Especificação -Sol.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Medicamentos fora de validade -Sol..	Produto Final	1t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Medicamentos fora de validade -Liq.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
EPI's / Descartáveis Contaminados	Diversa	0,1t	Semestral	I	Tambores	Incineração	Co-Processamento
Material hospitalar (luvas,máscaras)	Ambulatório	0,2t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Matéria-prima Rejeitada/sobra - Sol.	MP	0,2t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Matérias-primas rejeitadas -Liq.	MP	0,3t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Filtro ar condicionado	Filtros	100und	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Filtro Cartucho	Filtros	n.d	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Filtro Membrana	Filtros	n.d	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Lodo ativado - ETE	ETE	0,4t	Bimestral	IIA	Tambores	Aterro	Aterro
Pó dos exaustores / maquinário	Filtros	0,05t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Co-Processamento
Aquoso Básico	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Ácidos	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Rejeitos de HPLC	Reagentes	200l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Solventes	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Derivados Halogenados	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Tinta Óleo	Manutenção	50l	Semestral	IIA	Tambores	Incineração	Incineração
Tintas Vencidas	Manutenção	50l	Semestral	IIA	Tambores	Incineração	Incineração
Catiônica	Resinas	0,35t	Anual	I	Tambores	Incineração	Incineração
Iônica	Resinas	n.d	Anual	I	Tambores	Incineração	Incineração
Caixa de Cremes / Pomadas	Embalagens	8m3	Semestral	IIA	Bags	Incineração	Co-Processamento
Carvão e Areia	ETE	0,15t	Semestral	I	Tambores	Co-Processamento	Co-Processamento
Carvão Ativo – ETE	ETE	0,15t	Semestral	IIA	Tambores	Co-Processamento	Co-Processamento
Lâmpadas Fluorescentes inteiras	Manutenção	1211und	Semestral	IIA	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Lâmpadas Fluorescentes quebradas	Manutenção	0,0015t	Semestral	IIA	Bags	Reciclagem	Reciclagem

7.2 – Refinaria de Petróleo

A indústria do petróleo é considerada o principal seguimento industrial do país, impulsionando a economia, gerando milhares de empregos direta ou indiretamente e tornando o país auto suficiente. Mas essa atividade ao mesmo tempo que traz uma série de benefícios é considerada potencialmente poluidora, devido a exploração de recursos naturais não renováveis e a emissão contínua de poluentes na atmosfera.

Nesta indústria, a refinaria é considerada a principal fonte poluidora, gerando uma grande quantidade de resíduos sólidos perigosos e sendo alvo de uma fiscalização intensa dos órgãos ambientais. Em vista disso torna-se necessário um gerenciamento adequado dos resíduos, respeitando todas as etapas do processo e garantindo uma destinação segura.

Devido ao grande volume gerado e a diversidade dos resíduos, uma das etapas que deve ter total atenção e que em muitos casos acaba sendo ignorada pelos geradores é a segregação dos resíduos.

Analisando a refinaria em estudo, observamos que os resíduos que tem como origem: jateamento, obras, escritório, restaurante e capinagem, não são passíveis de reciclagem e devido as suas características são destinados para o aterro.

Grande parte dos resíduos gerados nesta refinaria, por serem na maioria classe I e gerados em grandes quantidades, são destinados para co-processamento com o objetivo de serem totalmente destruídos com menor custo. Podemos citar como exemplo: borras oleosas, resíduos de hidrocarboneto, resinas, cinzas de óleo combustível, coque e isolante térmico.

A reciclagem é indicada para resíduos que tem na origem a coleta seletiva, escritórios ou restaurante como os plásticos, vidro, metal, lâmpadas, papel e papelão. A recita gerada com a venda desses materiais é destinada para projetos sociais.

Sucatas ferrosas e não ferrosas, óleo usado e tonner de impressora são corretamente reaproveitados, contribuindo para o meio ambiente e sem gerar custo para o gerador.

Pelo processo de produção das refinarias e o grande volume de resíduos gerados muitos resíduos são destinados continuamente.

Analisando os resíduos gerados na refinaria visitada e aplicando a metodologia proposta, sugerimos alterações no destino final para minimizar os impactos ambientais e reduzir os custos.

Alguns resíduos que eram destinados para incineração podem ser destinados para co-processamento que além de garantir a destruição total dos resíduos, apresenta menor custo comparado com a incineração, como por exemplo, embalagens, luvas, trapos e estopas contaminados com óleo e borra catalítica.

Os resíduos que eram destinados para aterro: refratários, borra oleosa, originada no sistema de resfriamento, espuma oleosa e lodo oleoso devido as suas características e o processo de geração devem ser destinados para co-processamento. Desta maneira, o gerador garante a destruição total desses resíduos, recebendo o certificado de destruição térmica e ficando isento de qualquer penalidade futura.

As embalagens contaminadas com solvente, que estavam estocadas devem ser destinadas para incineração.

As pilhas e baterias que também estavam estocadas devem ser devolvidas ao fabricante.

Tabela 13 – Estudo de caso na Refinaria

Resíduo	Origem	Quantidade	Periodicidade	Classe	Acondicionamento	Destinação Atual	Destinação Proposta
Borra oleosa	Tanque de estoc.	40t	10-15 anos	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Embalagem contaminado com solvente	Estocagem	8t	Contínua	I	-	Estocagem	Incineração
Resíduo de HC	Amostragem de linha	20t	Contínua	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Borra de gasóleo	Filtro da Um. Dest	0,4t	n.d	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Catalisador gasto de Co/Mb	HDT	0,17t	n.d	I	Tambor e CT	Envio a CT	Envio a CT
Catalisador gasto de PtRe	Reforma	0,25t	n.d	I	Tambor Metálico	Envio a CT	Envio a CT
Esferas de alumina contaminadas	HDT e reforma	0,06t	n.d	I	Tambor Metálico	Envio a CT	Envio a CT
Argila de absorção	Trat. Bender	2,62t	2 anos	I	Caçamba	Co-processamento	Co-processamento
Catalisador PbO	Trat. Bender	3,2t	6 anos	I	Tambor Metálico	Envio a CT	Envio a CT
Catalisador gasto de FCC	Un. Craq. Catalítico	170t	Mensal	I	Silo da unidade	Reaproveitamento	Reaproveitamento
Coque	Un. Craq. Catalítico	5t	2 anos	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Borra catalítica	Un. Craq. Catalítico	0,4t	2 anos	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Borra oleosa	Área externa	1,5t	2 anos	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Borra oleosa	Área externa	15t	Contínua	I	Caçamba e CT	Co-processamento	Co-processamento
Borra oleosa	ETDI	1,5t	1 ano	I	n.d	Co-processamento	Co-processamento
Borra oleosa	Tanque pulmão	7,7t	8 anos	I	n.d	Co-processamento	Co-processamento
Borra oleosa	Tanque SLOP	0,5t	5 anos	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Escuma oleosa	Lagoa	2t	Contínua	I	-	Aterro	Co-processamento
Lodo oleoso	Lagoa	12t	10 anos	I	-	Aterro	Co-processamento
Borra oleosa	Sist. Resfriamento	1t	1 ano	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Detritos sólidos	Canal de receb. Água	45t	Contínua	IIB	Caçamba e CT	Aterro	Co-processamento
Resina	ETA	0,3t	5 anos	I	Tambor	Co-processamento	Co-processamento
Lixas	MI	n.d	Contínua	IIB	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Refratários	Fornos	1,5t	n.d	IIA	Tambor e CT	Aterro	Co-processamento
Cinzas do óleo combustível	Fornos	2,25t	Contínua	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Escória de cobre	Jateamento	3t	Eventual	I	Caçamba	Aterro	Aterro

Sucatas ferrosas	MI	50t	n.d	IIB	Caçamba	Reaproveitamento	Reaproveitamento
Sucatas não ferrosas	MI	1,5t	n.d	IIB	Caçamba	Reaproveitamento	Reaproveitamento
Isolamento térmico	Revest. Tubulações	0,5t	n.d	IIA	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Entulho	Obras	15t	n.d	IIB	Tambor	Aterro	Aterro
Materiais contaminados com óleo	Diversa	5t	Contínua	I	Tambor e CT	Incineração	Co-processamento
Luvas, trapos, estopas contam. com óleo	Diversa	1t	Contínua	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Vidros contaminados	Diversa	0,2t	Contínua	I	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Embalagens	Diversa	2t	Contínua	I	Sucata	Co-processamento	Co-processamento
Óleo lubrificante e graxa	Diversa	-	Contínua	-	Tambor e CT	Co-processamento	Co-processamento
Lixo orgânico	Escrit./Restaurante	50t	Contínua	IIB	Sacos/Tambor	Aterro	Aterro
Papel/papelão	Escrit./Restaurante	5t	Contínua	IIB	Sacos/Tambor	Reciclagem	Reciclagem
Plástico	Coleta seletiva	1t	Contínua	IIB	Sacos/Tambor	Reciclagem	Reciclagem
Vidro	Coleta seletiva	0,5t	Contínua	IIB	Sacos/Tambor	Reciclagem	Reciclagem
Metal (Al)	Coleta seletiva	0,05t	Contínua	IIB	Sacos/Tambor	Reciclagem	Reciclagem
Galhos e folhagens	Varrição	n.d	Contínua	IIB	-	Vazadouro	Vazadouro
Gramma	Capinagem	56t	Contínua	IIB	-	Aterro	Aterro
Pilhas e baterias	Coleta seletiva	n.d	Contínua	I	Próprio	Estocagem	Estocagem
Lâmpadas	Coleta seletiva	1,25t	Eventual	I	Caixas papelão	Reciclagem	Reciclagem
Tonner de impressora	Escritório	n.d	Eventual	n.d	Próprio	Reaproveitamento	Reaproveitamento
Óleo usado	Restaurante	n.d	Contínua	n.d	n.d	Reaproveitamento	Reaproveitamento

7.3 – Indústria de Alimentos

Na indústria de alimentos uma das atividades que mais se destaca é a produção de soja. O explosivo crescimento da produção de soja no Brasil, de quase 260 vezes no transcorrer de apenas quatro décadas, determinou uma cadeia de mudanças sem precedentes na história do país. Foi a soja, inicialmente auxiliada pelo trigo, a grande responsável pelo surgimento da agricultura comercial no Brasil.

Com o crescimento da indústria de produção da soja, aumentou a geração de resíduos e conseqüentemente a preocupação com o gerenciamento dos mesmos.

Pela característica do processo, boa parte dos resíduos gerados são de classe II-B com alto teor energético e de proteínas, com essas características esses resíduos são destinados para ração animal.

Para a Reciclagem destinam-se papel, sucata, plástico e vidro de diferentes origens; lâmpadas e cobre de origem na manutenção. Para o aterro são destinados as cinzas, os resíduos orgânicos de processo, resíduos de construção civil e lodo orgânico. A bateria que é destinada para o aterro pode ser retornada ao fabricante.

Dentre os resíduos estudados, os resíduos químicos gerados nos laboratórios e na estação de tratamento de água, assim como os vidros e plásticos contaminados com esses resíduos químicos devem ser destinados para incineração.

As borras de óleo, pneu e óleo lubrificante que eram destinados para o aterro devem ser destinados para co-processamento.

Uma vantagem da produção de soja é a disponibilidade de uma grande área de armazenamento, possibilitando ao gerador armazenar esses materiais por um período maior, até que se atinja um volume apropriado de carregamento, reduzindo o custo com o transporte.

Uma outra vantagem está associada a característica desses resíduos, a maioria desses materiais gerados são de classe II – Não Perigosos, podendo ser destinados para ração animal ou reciclagem, gerando receita para o gerador e estimulando o gerenciamento.

A *tabela 14* mostra todo o estudo de caso aplicado na indústria de Produção da Soja..

Tabela 14– Estudo de casos na Indústria de Produção da Soja

Resíduo	Origem	Quantidade	Periodicidade	Classe	Acondicionamento	Destinação Atual	Destinação Proposta
Casca de Soja	Armazenagem	11353t	Anual	IIB	Bags	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Cinzas	Armazenagem	500t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Residuo Orgânico de processo	Armazenagem	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Plastico	Armazenagem	5,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Papel	Armazenagem	6,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Sucata	Armazenagem	8t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Residuo Orgânico de processo	Preparação	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Sucata	Preparação	8t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Borra de Óleo	Preparação	5t	Anual	I	Tambores	Aterro	Co-processamento
Residuo Orgânico de processo	Extração	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Cinzas	Lecitina	20t	Anual	I	Bags	Aterro	Aterro
Residuos Quimicos	Laboratório	0,6t	Anual	I	Bombonas	Incineração	Incineração
Vidro	Laboratório	0,01t	Anual	I	Bags	Incineração	Incineração
Plastico	Laboratório	0,5t	Anual	I	Bags	Incineração	Incineração
Papel	Laboratório	0,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Madeira	Almoxarifado	0,5t	Anual	IIB	Bags	Combustivel p/ Caldeira	Combustivel p/ Caldeira
Óleo Lubrificante	Manutenção	0,6t	Anual	I	Bombonas	Aterro	Co-Processamento
Lâmpadas	Manutenção	0,15t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Bateria (alcalina/chumbo/acido)	Manutenção	0,19t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Cobre	Manutenção	0,20t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Residuos de construção civil	Manutenção	1000t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Pneu	Manutenção	0,4t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Co-Processamento
Plastico	Manutenção	3t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Papel	Dep. Tec. Adim.	2,0t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Residuos Quimicos	ETA	0,6t	Anual	I	Bombonas	Incineração	Incineração
Lodo Organico	ETE	60t	Anual	IIA	Bombonas	Aterro	Aterro

Capítulo 8 – Conclusão

Para um gerenciamento adequado e seguro dos resíduos é necessário uma fiscalização mais atuante dos órgãos ambientais, uma conscientização dos profissionais envolvidos, a divulgação dos riscos presente em cada etapa do gerenciamento e a aplicação de uma metodologia eficiente e segura. A falta de informação e capacitação de muitos profissionais acarreta em um péssimo gerenciamento, aumentando o risco e a degradação ambiental.

Analisando o aspecto ambiental e econômico a longo prazo os resíduos perigosos devem ser destinados preferencialmente para o Co-processamento, Incineração e em último caso o aterro industrial classe II, respeitando as limitações de cada processo. Os resíduos não perigosos devem ser destinados preferencialmente para a reciclagem, co-processamento, Incineração e aterro, levando em consideração a característica do resíduo e o volume gerado.

A indústria farmacêutica destaca-se por gerar pequenos volumes de resíduos, que são classificados em sua maioria como classe I – Perigosos e devido as suas características são destinados para incineração, onde as substâncias perigosas são destruídas termicamente, o volume é reduzido e as cinzas são aterradas.

As refinarias possuem uma geração continua de resíduos perigosos, com grandes volumes e devido as suas características são destinados para o co-processamento, onde são totalmente destruídos termicamente e utilizados como aporte energético ou matéria-prima . O co-processamento desses resíduos não gera passivo e não afeta a qualidade do cimento.

A indústria de alimentos destaca-se pela geração de resíduos não perigosos, que em alguns casos devido ao valor protéico e energético são utilizados como ração animal. A reciclagem também exerce um importante papel no gerenciamento. Aplicando a metodologia apresentada e seguindo corretamente cada etapa do processo, o gerenciamento deixa de ser visto como problema e passa a ser encarado como fonte de receita.

Capítulo 9 – Bibliografia

1. GUSMÃO,A., Apostila de Responsabilidades ambientais nas Empresas - FEEMA 2007
2. JARDIM,W.F, Gerenciamento de Resíduos Químicos, 1998.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro,2004.
4. BRASIL,A.M;SANTOS,F. Equilíbrio Ambiental e Resíduos na Sociedade Moderna. São Paulo:FAARTE,2004.
5. CARVALHO
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro,2004.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10005: Lixiviação de Resíduos. Rio de Janeiro,2006
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10006: Solubilização de Resíduos. Rio de Janeiro,2005
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 12235: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro,2006
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7500: Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação e Armazenamento de Produtos. Rio de Janeiro,2005.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9734.200:Conjunto de Equipamentos de Proteção Individual para Avaliação de Emergência e Fuga no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. Rio de Janeiro,2000.
12. MANUAL PARA ATENDIMENTO DE EMERGÊNCIAS COM PRODUTOS PERIGOSOS. PRÓ-QUÍMICA – ABIQUIM,1999.
13. NOBRE,R.C.M;NOBRE,M.M. Avaliação de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos Através do Modelo help.Rio de Janeiro,1993.
14. DIRETRIZ 1302 – Requerimento de Licença de Aterros. Disponível em <http://www.feema.rj.gov.br/legislacao.sp>: Acesso em 19/07/2007

15. DIRETRIZ 1311 – Impermeabilização Inferior e Superior de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos. Disponível em <http://www.feema.rj.gov.br/legislacao.sp>: Acesso em 19/07/2007
16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8419: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro,2002.
17. Planta de Incineração. Disponível em <http://www.uritech.com.br>: Acessado em 10/08/2007.
18. Unidades de Co-processamento. Disponível em <http://www.abetre.org.br/coprocessamento/distribuicao>: Acessado em 08/07/2007
19. Reciclagem. Disponível em http://www.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclar/preços_cempre.html acessado em 25/08/2007.
20. ABCP. Co-processamento: sustentabilidade e competitividade na indústria do cimento. In: VI Feira Internacional de Meio Ambiente Industrial (FIMAI) São Paulo: ABCP. 2004. Disponível em http://www.abcp.org.br/bolsa_de_imprensa/noticias/fimai.shtml. Acessado em 02/07/2007

ANEXO I

TABELAS

Tabela 1: Normas Legais e Regulamentação^[6]

NORMAS LEGAIS	REGULAMENTAÇÃO
NBR 10004/87	Resíduos sólidos – Classificação
NBR 10005/87	Lixiviação de resíduos – Procedimento
NBR 10006/87	Solubilização de resíduos – Procedimento
NBR 10007/87	Amostragem de resíduos – Procedimento
NBR 12235/87	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
NBR 7500	Transporte de produtos perigosos
NBR 7501/83	Transporte de cargas perigosas
Res. CONAMA Nº 257/99	Descarte de pilhas e baterias
NBR 11174/89	Armazenamento de resíduos classes II (não inertes) e III (inertes)
NBR 13221/94	Transporte de resíduos – Procedimento
NBR 13463/95	Coleta de resíduos sólidos – Classificação
Res. CONAMA Nº 275/01	Simbologia dos Resíduos
NBR 12.235/92	Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos
NBR 7.500/00	Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais
NBR 10.157/87	Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projetos, construção e Operação
NBR 11.175/90	Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho (antiga NB 1265)
Dec. Federal Nº 96.044/88	Regulamenta o Transporte Rodoviário de Produtos Perigoso
Port. INMETRO nº 221/91	Aprova o Regulamento Técnico “Inspeção em equipamentos destinados ao transporte de produtos perigosos a granel não incluídos em outros regulamentos”.

Fonte: www.sc.usp.br/resíduos

Tabela 2 – Incompatibilidade dos Grupos

Tabela de Incompatibilidade	GRUPO 1- A	GRUPO 1- B	GRUPO 3- A	GRUPO 5- A	GRUPO 4- A
GRUPO 1- A					
GRUPO 1- B					
GRUPO 3- A					
GRUPO 5- A					
GRUPO 4- A	 	 			

Tabela 3 – Significado do primeiro algarismo do número de risco:

0	Não deve ser utilizado
1	Explosivo
2	Gás
3	Líquido Inflamável
4	Sólido Inflamável
5	Substâncias Oxidantes ou Peróxidos
6	Substâncias Tóxicas
7	Substâncias Radiativas
8	Substâncias Corrosivas
9	Riscos Diversos

Fonte – Manual de Produtos Perigosos da ABIQUIM

Tabela 4 – Significado do segundo e/ou terceiro algarismo do número de risco:

0	Ausência de risco subsidiário
1	Explosivo
2	Emana Gás
3	Inflamável
4	Fundido
5	Oxidante
6	Tóxico
7	Radioativo
8	Corrosivo
9	Perigo de reação violenta de decomposição espontânea ou polimerização

Fonte – Manual de Produtos Perigosos da ABIQUIM

Tabela 5 – Classe dos Produtos Perigosos:

PAINEL		RÓTULOS	
RISCO PRICIPAL 1 ALG	DEMAIS RISCO 2 E 3 ALG	COR	
1	EXPLOSIVO	EXPLOSIVOS	LARANJA
2	GÁS	LIBERA GÁS	CONJUGADO
3	LÍQUIDO INFLAMÁVEL	INFLAMÁVEL	VERMELHO
4	SÓLIDO INFLAMÁVEL	FUNDIDO	VERMELHO/BRANCO
5	OXIDANTE	PERÓXIDOO ORGÂNICO	AMARELO
6	TÓXICO	TÓXICO	BRANCO
7	RADIOATIVO	RADIOATIVO	AMARELO/BRANCO
8	CORROSIVO	CORROSIVO	PRETO/BRANCO
9	DIVERSOS	PERIGO DE REAÇÃO VIOLENTA	BRANCO/PRETO/BRANCO
0		AUSÊNCIA DE OUTROS RISCOS	VERDE
X	INCOMP.COM ÁGUA		AZUL
N.N	ELEVAÇÃO DE RISCO	ELEVAÇÃO DE RISCO	

Fonte – Fonte – Manual de Produtos Perigosos da ABIQUIM^[10]

Tabela 6 - Grupos Cimenteiros e números de fábricas no Brasil

Grupo Cimenteiro	Numero de Fábricas
Cimpor	05
Camargo Correa	08
CP Cimentos	04
Ciplan	01
Holcim	05
Itambé	01
Lafarge	06
Nassau	09
Soeicon	01
Votorantin	17
10 grupos	Total de 57

Fonte – ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland)

Tabela 7 – Materiais passíveis de Reciclagem:

RECICLÁVEL	NÃO RECICLÁVEL
<p><u>PAPEL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Jornais e revistas, folhas de caderno, formulários de computador, caixas em geral, aparas de papel, fotocópias, envelopes, provas, rascunhos, cartazes velhos, papel de fax. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiqueta adesiva, papel carbono, fita crepe, papéis sanitários, papeis metalizados, papeis parafinados, papéis plastificados, papéis sujos, guardanapos, bituca de cigarro, fotografias.
<p><u>METAL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lata de folha-de-flandres usadas em embalagens de: óleo, salsicha, leite em pó, etc. • Lata de alumínio • Sucatas de reformas • Canos 	<ul style="list-style-type: none"> • Esponja de aço.
<p><u>VIDROS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Embalagens espelhos • Garrafas de vários formatos • Copos • Cerâmica • Porcelana • Tubos de TV 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidros Planos • gesso
<p><u>PLÁSTICO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Embalagem de refrigerante • Embalagem de Material de Limpeza • Copinho de Café • Embalagem de Margarina • Canos e Tubos • Sacos plásticos em geral 	<ul style="list-style-type: none"> • Cabo de panela • Tomadas • Embalagem de biscoito • Mistura de papel, plásticos e metais

Fonte – Livro Equilíbrio Ambiental & Resíduos na sociedade Moderna

Tabela 8 – Preço (em Real) por Tonelada de cada Material Reciclado:

Região	Papelão	Papel branco	Latas aço	Alumínio	Vidro incolor	Vidro colorido	Plást. rígido	PET
Salvador (BA)	200 pl	350 pl	-	3.000 pl	80 l	40 l	400 l	700 pl
Brasília (DF)	130 pl	260 pl	70 pl	3.200pl	20	30	180 pl	500 pl
Vitória (ES)	120 p	401,50 p	81,25 l	3.000 p	40	20	460 p	760 p
Belo Horizonte (MG)	270 p	401,5 pl	81,25	3.000 p	40	20	460 p	760 p
Curitiba (PR)	200 pl	560 pl	190 p	3.230 p	40	40	500 p	750 p
Canoas (RS)	260 l	360 l	140 l	1.400 l	50 l	50 l	350 pl	350 pl
Farroupilha (RS)	290 pl	410 pl	50 pl	2.000 pl	50 l	50 l	250 pl	520 pl
Rio de Janeiro(RJ)	300 pl	440 l	100	3.000	70 l	60 l	180 p	350 pl
Campinas (SP)	230 l	435 l	177	3090 l	100 l	62	295	437 l
Jundiaí(SP)	250 p	350 pl	220	2.900 l	120	65	350	830p
Nova Odessa (SP)	180	250 pl	200	3.700 l	100 l	100	250 l	650
Ribeirão Preto (SP)	250 p	-	100 p	2.500 p	-	-	160 p	490 p
Santo André (SP)	220 l	270 l	110 pl	2.700 pl	140	50	250 pl	600 pl
Santos (SP)	230 l	400	150 l	3.000 l	-	70	270 l	500 l
S. J. dos Campos (SP)	220 p	127 p	454 pl	3.110 pl	-	70 l	250	850
São Paulo (SP)	210 p	200 l	292	3.545 pl	150	150	320	720l

Fonte - CEMPRE

Legenda:

p = prensado

l = limpo

Tabela 9– Comparação entre as Tecnologias:

Comparativo	Aterro Industrial	Incineração	Co-processamento
Aproveitamento Energético	NÃO	SIM, (com Investimento)	SIM
Aproveitamento de Materiais	NÃO	NÃO	SIM
Destruição Total	NÃO	NÃO	SIM
Geração de Novos Resíduos	SIM	SIM	NÃO
Favorece a Redução de CO₂	NÃO	NÃO	SIM

Fonte – Holcim Brasil S.A

Tabela 10 - Quantidade processada por tecnologia nos anos de 2004/05

Quantidade Processada por Tecnologia(ton)	2004		2005	
RESÍDUOS INDUSTRIAIS	2978.331	100%	3.925.189	100%
Aterro para Classe II-A	1.723.604	58%	1.600.896	49%
Aterro para Classe II -B	443.460	15%	490.198	15%
Aterro para Classe I	119.644	4%	235.466	7%
Co-processamento	470.000	16%	690.000	21%
Incineração	48.219	2%	63.630	2%
Outros Tratamentos Térmicos	53.096	2%	78.608	2%
Tratamentos Biológicos	5.000	0%	13.557	0%
Reciclagem	115.308	4%	122.834	4%

Fonte – ABETRE

Tabela 11 – Comparação Custo x Tecnologia de Disposição

Comparativo	Aterro Industrial ClasseI	Aterro Industrial ClasseII	Incinerador	Co-processamento
Preço Médio de R\$/tonelada	270	80	1500	400

Fonte – ABETRE 2006

Tabela 12 – Estudo de caso na Indústria Farmacêutica

Resíduo	Origem	Quantidade	Periodicidade	Classe	Acondicionamento	Destinação Atual	Destinação Proposta
Medicamentos Fora de Especificação -Liq.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Medicamentos Fora de Especificação -Sol.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Medicamentos fora de validade -Sol..	Produto Final	1t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Medicamentos fora de validade -Liq.	Produto Final	1t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
EPI's / Descartáveis Contaminados	Diversa	0,1t	Semestral	I	Tambores	Incineração	Co-Processamento
Material hospitalar (luvas,máscaras)	Ambulatório	0,2t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Matéria-prima Rejeitada/sobra - Sol.	MP	0,2t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Incineração
Matérias-primas rejeitadas -Liq.	MP	0,3t	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Filtro ar condicionado	Filtros	100und	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Filtro Cartucho	Filtros	n.d	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Filtro Membrana	Filtros	n.d	Semestral	IIB	Bags	Aterro	Aterro
Lodo ativado - ETE	ETE	0,4t	Bimestral	IIA	Tambores	Aterro	Aterro
Pó dos exaustores / maquinário	Filtros	0,05t	Bimestral	I	Bags	Incineração	Co-Processamento
Aquoso Básico	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Ácidos	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Rejeitos de HPLC	Reagentes	200l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Solventes	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Derivados Halogenados	Reagentes	50l	Bimestral	I	Tambores	Incineração	Incineração
Tinta Óleo	Manutenção	50l	Semestral	IIA	Tambores	Incineração	Incineração
Tintas Vencidas	Manutenção	50l	Semestral	IIA	Tambores	Incineração	Incineração
Catiônica	Resinas	0,35t	Anual	I	Tambores	Incineração	Incineração
Iônica	Resinas	n.d	Anual	I	Tambores	Incineração	Incineração
Caixa de Cremes / Pomadas	Embalagens	8m3	Semestral	IIA	Bags	Incineração	Co-Processamento
Carvão e Areia	ETE	0,15t	Semestral	I	Tambores	Co-Processamento	Co-Processamento
Carvão Ativo – ETE	ETE	0,15t	Semestral	IIA	Tambores	Co-Processamento	Co-Processamento
Lâmpadas Fluorescentes inteiras	Manutenção	1211und	Semestral	IIA	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Lâmpadas Fluorescentes quebradas	Manutenção	0,0015t	Semestral	IIA	Bags	Reciclagem	Reciclagem

Tabela 14– Estudo de casos na Indústria de Produção da Soja

Resíduo	Origem	Quantidade	Periodicidade	Classe	Acondicionamento	Destinação Atual	Destinação Proposta
Casca de Soja	Armazenagem	11353t	Anual	IIB	Bags	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Cinzas	Armazenagem	500t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Resíduo Orgânico de processo	Armazenagem	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Plástico	Armazenagem	5,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Papel	Armazenagem	6,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Sucata	Armazenagem	8t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Resíduo Orgânico de processo	Preparação	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Sucata	Preparação	8t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Borra de Óleo	Preparação	5t	Anual	I	Tambores	Aterro	Co-processamento
Resíduo Orgânico de processo	Extração	3,5t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Cinzas	Lecitina	20t	Anual	I	Bags	Aterro	Aterro
Resíduos Químicos	Laboratório	0,6t	Anual	I	Bombonas	Incineração	Incineração
Vidro	Laboratório	0,01t	Anual	I	Bags	Incineração	Incineração
Plástico	Laboratório	0,5t	Anual	I	Bags	Incineração	Incineração
Papel	Laboratório	0,5t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Madeira	Almoxarifado	0,5t	Anual	IIB	Bags	Combustível p/ Caldeira	Combustível p/ Caldeira
Óleo Lubrificante	Manutenção	0,6t	Anual	I	Bombonas	Aterro	Co-Processamento
Lâmpadas	Manutenção	0,15t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Bateria (alcalina/chumbo/acido)	Manutenção	0,19t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Cobre	Manutenção	0,20t	Anual	I	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Resíduos de construção civil	Manutenção	1000t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Aterro
Pneu	Manutenção	0,4t	Anual	IIA	Bags	Aterro	Co-Processamento
Plástico	Manutenção	3t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Papel	Dep. Tec. Adim.	2,0t	Anual	IIB	Bags	Reciclagem	Reciclagem
Resíduos Químicos	ETA	0,6t	Anual	I	Bombonas	Incineração	Incineração
Lodo Organico	ETE	60t	Anual	IIA	Bombonas	Aterro	Aterro

