



# **O Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos: Análise Estrutural e Perspectivas Estratégicas no Brasil**

Evandro Luiz Alvaristo  
Rafaela Gomes Corrêa

Projeto Final de Curso em Engenharia  
Química

Orientador

Prof.<sup>a</sup> Flávia Chaves Alves

Novembro de 2007

# **O setor de tratamento de resíduos industriais sólidos: análise estrutural e perspectivas estratégicas no Brasil**

***Evandro Luiz Alvaristo***

***Rafaela Gomes Corrêa***

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Química.

Orientado por:

---

Flávia Chaves Alves, D. Sc.

Aprovado por:

---

Flávia de Aguiar Merola, Engenheira Química.

---

Ladimir José de Carvalho, D. Sc.

---

Luiz Eduardo D. Dutra, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2007

## **Ficha Catalográfica**

Alvaristo, Evandro Luiz; Corrêa, Rafaela Gomes.

O setor de tratamento de resíduos industriais sólidos: análise estrutural e perspectivas estratégicas no Brasil / Evandro Luiz Alvaristo; Rafaela Gomes Corrêa. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2007.

i, 141 p.; xv.

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

Orientadora: Flávia Chaves Alves.

1. Resíduos Sólidos Industriais. 2. Análise. 3. Porter. 4. Brasil.

Evandro Luiz Alvaristo dedica este projeto a:

- MARIA DA PENHA ARDISSON ALVARISTO, MAXIMO ALVARISTO e FERNANDA CRISTINA ALVARISTO. Minha família, que muito me incentivou e apoiou em todos os momentos da minha vida. Por vocês não desisti e nunca desistirei do sonho de dias melhores. Com muito orgulho sou o reflexo de seus ensinamentos, os quais levarei para o resto da vida.

Rafaela Gomes Corrêa dedica este projeto a:

- MARIA CRISTINA GOMES CORRÊA, AGILDO DA LUZ CORRÊA FILHO, FABIO GOMES CORRÊA e AUDACI BEZERRA GOMES. À minha família querida, pelo apoio incondicional e pela confiança em mim depositada. Sem vocês, nada disso seria possível.

*“A questão dos resíduos sólidos é atualmente um dos temas centrais para aqueles que se preocupam com ambiente na perspectiva de garantir a existência das gerações futuras.”*

***João Alberto Ferreira***

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS,

Acima de tudo, por ter nos dado saúde, força e determinação para a finalização desse projeto e de todos os sonhos realizados em nossas vidas.

À ESCOLA DE QUÍMICA DA UFRJ,

Pelo aprendizado, o qual permitiu a nossa formação acadêmica sólida.

À PROFESSORA FLÁVIA CHAVES ALVES,

Pelo apoio durante a nossa vida acadêmica, pela paciência dada a nós nesse projeto.

ÀS NOSSAS FAMÍLIAS,

Por terem nos dado todo apoio e incentivo durante todos os anos de faculdade e em todos os momentos difíceis das nossas vidas.

AOS NOSSOS AMIGOS DE GRADUAÇÃO,

Sem os quais não chegaríamos aqui hoje.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

**O SETOR DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS SÓLIDOS:  
ANÁLISE ESTRUTURAL E PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS NO BRASIL**

Evandro Luiz Alvaristo

Rafaela Gomes Corrêa

Novembro, 2007

**Orientador: Prof.<sup>a</sup> Flávia Chaves Alves, D. Sc.**

**Resumo**

A gestão de resíduos industriais deve iniciar antes de sua geração. Uma gestão integrada, que utilize uma série de recursos e tecnologias para transformar resíduos em matéria-prima e reduzir o impacto negativo dos resíduos sobre o meio ambiente, seria a ação mais recomendada. Neste contexto, as empresas de tratamento de resíduos atuam onde a gestão tecnológica é altamente condicionada por leis e regulamentos. Sua posição na cadeia produtiva lhes confere uma privilegiada visão de conjunto das questões ambientais. Considerando a importância do Setor de Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais na construção das bases para que o país possa se desenvolver sem comprometer seu patrimônio natural, o presente trabalho buscou traçar um perfil do setor no Brasil, de forma a viabilizar uma análise das perspectivas estratégicas. O estudo mostra que a referida indústria possui caráter fragmentado e utiliza estratégias competitivas baseadas em diferenciação, através do uso de multitecnologia. Tais resultados foram obtidos a partir da análise do setor sob a ótica do Modelo proposto por Porter, que explora o meio em que a empresa se insere determinando quais forças poderiam lhe oferecer ameaças e oportunidades.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>1.1. Visão Geral.....</b>	<b>01</b>
<b>1.2. Organização do Estudo .....</b>	<b>02</b>
<b>CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>04</b>
<b>2.1. Origem da Visão Estratégica e Principais Contribuições.....</b>	<b>04</b>
<b>2.2. Análise de Porter .....</b>	<b>06</b>
<b>2.2.1 A Análise Estrutural de Indústrias.....</b>	<b>06</b>
<b>2.2.2. Poder de Negociação dos Fornecedores.....</b>	<b>07</b>
<b>2.2.3. Poder de Negociação dos Compradores.....</b>	<b>08</b>
<b>2.2.4. Ameaça de Novos Entrantes.....</b>	<b>09</b>
<b>2.2.5. Ameaça de Produtos Substitutos .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6. Rivalidades Entre as Empresas Existentes.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Estratégias Competitivas .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 3 – TECNOLOGIAS ATUALMENTE EMPREGADAS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Conceitos Importantes.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Gestão de Resíduos Industriais.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Legislação Ambiental: Obrigações e Sanções Legais.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2. Política Nacional de Meio Ambiente.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Classificação dos Resíduos Sólidos Industriais... ..</b>	<b>20</b>



<b>3.5. Métodos de Destinação de Resíduos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1. Disposição Final em Aterros.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.1.1. Aterro Industrial Classe I.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5.1.2. Aterro Industrial Classe II.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5.1.2.a. Aterro Industrial Classe II-A.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5.1.2.b. Aterro Industrial Classe II-B.....</b>	<b>45</b>
<b>3.5.1.3. Controle e Monitoramento do Aterro Industrial.....</b>	<b>45</b>
<b>3.5.1.4. Legislação e Normas Federais Aplicáveis à Operação...</b>	<b>48</b>
<b>3.5.1.5. Vantagens e Desvantagens do Aterro Industrial.....</b>	<b>48</b>
<b>3.5.2. Processos Térmicos.....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.2.1. Incineração.....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.2.1.1. Aplicação.....</b>	<b>50</b>
<b>3.5.2.1.2. Processo de Incineração.....</b>	<b>51</b>
<b>3.5.2.1.3. Controle do Processo de Incineração.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5.2.1.4. Monitoramento Ambiental e Operacional do             Processo.....</b>	<b>55</b>
<b>3.5.2.1.5. Legislação e Normas Federais Aplicáveis à             Operação.....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.2.1.6. Vantagens e Desvantagens do Processo de             Incineração.....</b>	<b>63</b>
<b>3.5.2.1.7. A Incineração com Aproveitamento de Energia             Térmica.....</b>	<b>63</b>
<b>3.5.2.2. Co-processamento.....</b>	<b>66</b>

3.5.2.2.1. Aplicação.....	67
3.5.2.2.2. Processo de Co-processamento.....	68
3.5.2.2.3. Controle do Processo de Co- processamento.....	74
3.5.2.2.4. Monitoramento Ambiental e Operacional do Processo.....	75
3.5.2.2.5. Legislação e Normas federais Aplicáveis à Operação.....	77
3.5.2.2.6. Vantagens e Desvantagens do Processo de Co- processamento.....	78
3.5.2.3. Outras Tecnologias.....	79
3.5.2.3.1. Pirólise.....	80
3.5.2.3.2. Plasma.....	80
3.5.2.3.3. Reciclagem, Recuperação e Reutilização.....	81
3.5.2.3.4. <i>Landfarming</i> .....	82
3.6. Tendências das Centrais de Tratamento.....	83
3.7. Tendências Futuras de Regulamentação.....	85
3.8. Incentivos Futuros.....	85
<b>CAPÍTULO 4 – O SETOR DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....</b>	<b>87</b>
<b>4.1. Panorama Mundial.....</b>	<b>87</b>
4.1.1. Demanda e Faturamento.....	87
4.1.2. Previsão de Crescimento.....	87
4.1.3. Maiores Empresas no Mundo.....	88

4.1.4. Tecnologias Atualmente Empregadas.....	91
4.1.4.1. O Aterro Industrial no Mundo.....	91
4.1.4.2. A Incineração no Mundo.....	91
4.1.4.3. O Co-processamento no Mundo.....	92
4.2. Panorama no Brasil.....	93
4.2.1. CNAE – Classificação Bacional de Atividades Econômicas.....	94
<b>CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE PORTER.....</b>	<b>98</b>
5.1. Estratégias Competitivas: Caso do STRIS.....	98
5.1.1. Panorama no Setor Brasileiro.....	99
5.1.2. Demanda e Faturamento.....	102
5.1.3. Previsão de Crescimento.....	103
5.1.4. Maiores Empresas no Brasil.....	104
5.1.4.1. Análise dos Parâmetros.....	106
5.1.5. Tecnologias Atualmente Empregadas.....	108
5.1.5.1. O Aterro Industrial no Brasil.....	108
5.1.5.2. A Incineração no Brasil.....	112
5.1.5.3. O Co-processamento no Brasil.....	114
5.2. Aplicação do Modelo de Porter.....	116
5.2.1. Análise Estrutural de Indústria.....	118
5.2.2. Poder de Negociação dos Fornecedores para o STRIS.....	118
5.2.3. Poder de Negociação dos Compradores para o STRIS.....	119

5.2.4. Ameaça de Novos Entrantes para o STRIS.....	119
5.2.5. Ameaça de Produtos ou Serviços Substitutos para o STRIS	121
5.2.6. Rivalidades Entre as Empresas Existentes para o STRIS.....	122
5.3. Perspectivas Futuras.....	122
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>133</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<b>A estrutura de “Cinco Forças” Para Análise de Indústrias.....</b>	<b>05</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Passo a Passo dos Resíduos Sólidos Industriais.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Caracterização e Classificação de Resíduos Sólidos.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Esquema Ilustrando o Emprego de Cada Tecnologia Tendo como base as Características dos Resíduos.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Fluxo de Informação para Determinação da Tecnologia mais Adequada de Destinação Final de Resíduos.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Impermeabilização do Aterro em Itaberaba – SP.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 7</b>	<b>Esquema de impermeabilização de um Aterro Classe I.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Detalhe do Sistema de Impermeabilização de um Aterro Classe I.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Esquema de um Aterro Classe II.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Controle Ambiental das Águas Subterrâneas.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Fluxograma Simplificado do Incinerador do Grupo Essencis.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 12</b>	<b>Incinerador Pertencente ao Grupo Essencis Soluções Ambientais, Localizado na Cidade de Taboão da Serra – SP.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 13</b>	<b>Fluxograma Esquemático do Controle do Processo de Incineração.....</b>	<b>54</b>

<b>Figura 14</b>	<b>Fluxograma do Processo de Incineração.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 15</b>	<b>Planta de um Incinerador Associado à Geração de Energia.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 16</b>	<b>Processo Simplificado da Fabricação do Clínquer.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 17</b>	<b>Configuração do Forno Associado ao Co-processamento</b>	<b>70</b>
<b>Figura 18</b>	<b>Planta de Co-processamento.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 19</b>	<b>Operação de um Forno de Cimento.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 20</b>	<b>Aplicação do Conceito de Multitecnologia.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 21</b>	<b>A Atividade de Tratamento de Resíduos Segundo a CNAE</b>	<b>95</b>
<b>Figura 22</b>	<b>Segmentação do Mercado de Tratamento de Resíduos Industriais – Destino dos Resíduos Sólidos.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 23</b>	<b>Tratamento de Resíduos Industriais.....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 24</b>	<b>Destinação de Resíduos Sólidos Industriais.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 25</b>	<b>Aterros Brasileiros para Resíduos Classe I.....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 26</b>	<b>Aterros Brasileiros para Resíduos Classe II-A.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 27</b>	<b>Métodos de Tratamento de Resíduos Sólidos.....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 28</b>	<b>Unidades de Blendagem para Co-Processamento.....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 29</b>	<b>Cimenteiras Licenciadas para Co-Processamento.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 30</b>	<b>Fluxos de Serviço, Resíduo e Dinheiro no STRIS.....</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	<b>Relação entre Aspectos e Impactos Ambientais.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabela 2</b>	<b>Classificação dos Resíduos Sólidos Segundo NBR 10.004</b>	<b>23</b>
<b>Tabela 3</b>	<b>Determinação do Método de Destinação em Função da Origem do Resíduo .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 4</b>	<b>Plantas Internacionais de Incineração.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 5</b>	<b>Desenvolvimento Sustentável .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabela 6</b>	<b>Previsões de Mercados Globais para 2010.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabela 7</b>	<b>Principais Empresas de Tratamento de Resíduos Europeias.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabela 8</b>	<b>Principais Empresas de Tratamento de Resíduos Europeias.....</b>	<b>90</b>
<b>Tabela 9</b>	<b>Incineração nos Países Desenvolvidos.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabela 10</b>	<b>Mercado de Tratamento de Resíduos Industriais.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabela 11</b>	<b>Estimativa da Geração de Resíduos Industriais no Estado do Rio de Janeiro.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabela 12</b>	<b>Empresas Associadas à ABETRE.....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 13</b>	<b>Principais Incineradores no Brasil.....</b>	<b>113</b>

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1 – Visão geral**

A gestão de resíduos, sejam eles domiciliares, hospitalares, industriais ou agropecuários, tem início antes mesmo de sua geração. Uma gestão integrada, que utilize uma série de recursos e tecnologias para transformar resíduos em matéria-prima e reduzir o impacto negativo dos resíduos sobre o meio ambiente, seria a ação mais recomendada.

Uma série de preocupações deve existir antes da geração do resíduo, como no que se refere a sua redução, substituição de materiais nocivos por outros mais inofensivos, reutilização de materiais sem dispêndio de energia com reciclagem, ou até, se possível, a não-geração de resíduo. Esta idéia já vem sendo amadurecida por grandes corporações estimuladas por pressões ambientais e pela necessidade de redução de custos.

Entretanto, uma vez que o resíduo foi gerado, é necessário gerenciá-lo da melhor forma possível. Alguns podem ser encaminhados diretamente para a reciclagem, seja de matéria ou de energia. Outros precisam de um tratamento prévio, como resíduos hospitalares ou químicos. A melhor opção de tratamento ou reciclagem deve contemplar o gasto de energia no processo, no transporte, e a possível poluição da água, do solo e do ar.

A gestão inadequada de resíduos industriais, além de desvalorizar o negócio da empresa geradora (ou, até mesmo, inviabilizá-lo) constitui um crime ambiental e pode acarretar altas multas e até prisão do responsável. A legislação vem se tornando cada vez mais restritiva, os órgãos ambientais mais exigentes e a sociedade mais consciente. Por outro lado, o empresário vem percebendo a importância dessas questões e passou a buscar soluções adequadas que, em muitos casos, resultam em benefícios econômicos concretos para o seu negócio. No caso da gestão de resíduos industriais sólidos, as boas práticas revelam-se altamente rentáveis para o empresário. As



técnicas de redução na fonte, substituição de matéria-prima, reutilização e reciclagem podem trazer reais benefícios econômicos, além de evitar a exposição do negócio aos riscos dos passivos ambientais (resíduos gerenciados de forma incorreta que provocam a desvalorização ou perda total da atividade de produção) (FIRJAN, 2006).

A atividade de gerenciamento e tratamento de resíduos fica a cargo das empresas que compõem o que é denominada indústria de tratamento de resíduos. Essas empresas atuam em um contexto onde sua atuação está altamente condicionada por leis e regulamentos, por vezes conflitantes, e onde o comprometimento com o mercado e com a sociedade está em elevado grau, pois elas assumem a responsabilidade pelos resíduos dos clientes, com todas as suas conseqüências. Sua posição na cadeia produtiva lhes confere uma visão consciente das questões ambientais, pois atuam na interface entre geradores de resíduo, transportadores, recicladores, fabricantes de equipamentos, consultores, pesquisadores, órgãos de controle ambiental e governos municipal, estadual e federal. Ou seja, a dinâmica da indústria em questão é muito rica em suas possibilidades de interações com outros fatores econômicos e sociais, o que confere uma conformação peculiar ao seu negócio.

Em razão da importância do Setor de Tratamento de Resíduos, em especial o que lida com resíduos industriais, na construção das bases para que o país possa se desenvolver sem comprometer seu patrimônio natural, o presente trabalho buscou traçar um perfil do setor no Brasil para viabilizar a análise de perspectivas estratégicas. Tais perspectivas foram obtidas a partir da análise estrutural sob a ótica do Modelo proposto por Porter (1980), bem como através de uma pesquisa de campo sobre características das empresas que atuam no referido segmento.

## **1.2 – Organização do estudo**

O conteúdo deste trabalho foi dividido em seis capítulos, a saber:

- CAPÍTULO 1: Proporciona uma visão geral do cenário no qual o trabalho foi realizado bem como expõe a organização do mesmo;
- CAPÍTULO 2: Mostra um referencial teórico contendo informações sobre as técnicas de análise disponíveis atualmente e a escolha do método de análise aplicado no presente trabalho;
- CAPÍTULO 3: Descreve as técnicas de tratamento de resíduos sólidos industriais atualmente utilizadas;
- CAPÍTULO 4: Expõe a situação atual do setor de tratamento de resíduos industriais sólidos no Brasil e no mundo;
- CAPÍTULO 5: Analisa o perfil do setor segundo a ótica de Porter e propõe perspectivas estratégicas; e
- CAPÍTULO 6: Reúne as principais conclusões.

## CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 – Origem da visão estratégica e principais contribuições

O campo de estudo das estratégias empresariais tem sido foco de atenção de muitos pesquisadores desde a década de 60. O termo “estratégia”, criado e utilizado pelos antigos gregos, só foi adaptado para um contexto de negócios na segunda metade do século XIX (GHEMAWAT, 1999).

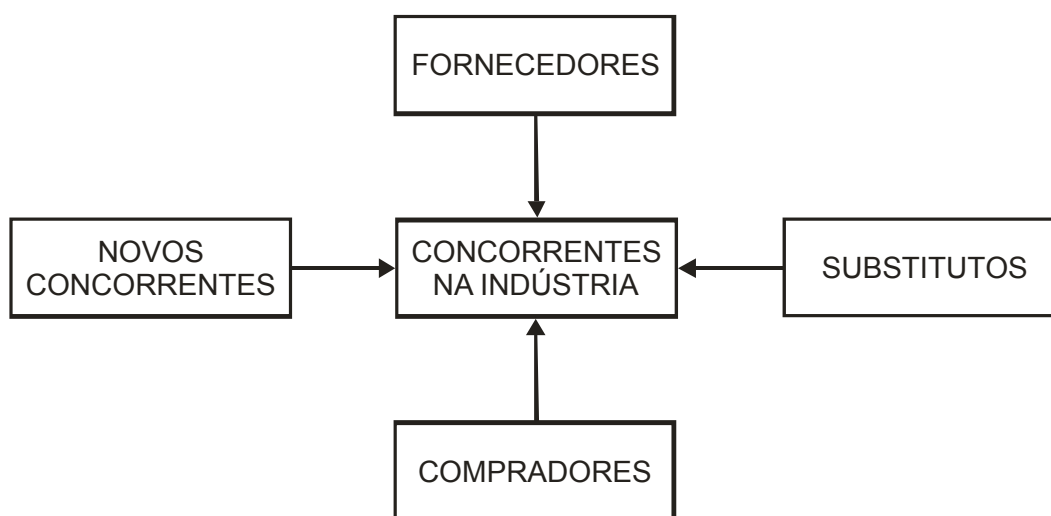
Antes desse período, as empresas existentes não possuíam expressão suficiente para promoverem influência no mercado, o qual ainda não estava bem consolidado. Com o tempo, as grandes empresas começaram a alterar o ambiente competitivo em suas indústrias e até mesmo a ultrapassar limites entre as mesmas (CHANDLER, 1977).

Na década de 60, com a necessidade de se obter o pensamento estratégico de forma explícita, iniciaram as discussões a respeito da combinação das “forças” e “fraquezas” inerentes à existência de uma determinada empresa com as “oportunidades” e “ameaças” que ela enfrentava. Essa abordagem combinava tais elementos de modo a consolidar a estratégia de uma organização como sendo o ajuste entre os pontos fortes e fracos que a mesma apresenta além de levar em conta as oportunidades e ameaças externas às quais ela está sujeita. Esta análise recebeu a denominação de SWOT (*Strength, Weakness, Opportunnity, Threat*).

Na tentativa de obter uma explicação para o êxito alcançado por algumas companhias a partir da década de 60, surgiram alguns modelos teóricos cujo objetivo era determinar a origem das vantagens competitivas das empresas.

Aproximadamente 20 anos depois, no início da década de 80, o modelo das cinco forças competitivas, apresentado na Figura 1, foi introduzido por Porter (1980). Este buscava traduzir a forma como as empresas realizavam seu planejamento estratégico. O referido modelo baseou-se no modelo SCP, em que a estrutura da indústria determina a conduta ou estratégia que, por sua

vez, influencia na performance / desempenho. O posicionamento da firma diante de seu meio ambiente, isto é, da estrutura da indústria onde estava inserida, era determinante para o seu sucesso. A estrutura de Porter para análise das indústrias foi capaz de generalizar a análise oferta-demanda de mercados individuais expondo a importância da análise das oportunidades e ameaças que cercam a firma.



Fonte: Adaptado de Porter, 1980.

Figura 1: A Estrutura de “Cinco Forças” Para Análise de Indústrias.

Foi também em meados dos anos 80 que uma outra abordagem passou a ser o centro das discussões em estratégia, a chamada *resource-based view* (RBV)<sup>1</sup>, a qual propõe a valorização dos recursos internos da firma como fonte de vantagem competitiva sustentável. Esta abordagem tem suas raízes no trabalho de Penrose (1959), tendo exibido amplo desenvolvimento recentemente.

Para o presente estudo, optou-se por recorrer ao método de análise proposto por Porter (1980), o qual será detalhado na seção seguinte, devido ao interesse em entender as características estruturais do segmento industrial

---

<sup>1</sup> Em alguns textos em português aparece VBR, como significado de Visão Baseada em Recursos.

escolhido. O desafio de verificar a aplicabilidade desta análise ao setor de tratamento de resíduos industriais sólidos, bem como os resultados auferidos no que tange o posicionamento estratégico das firmas, mostra-se de elevada importância.

## **2.2 – Análise de Porter**

Segundo Porter (1980), “a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu ambiente, identificando-se as regras competitivas em vigor para então desenvolver sua estratégia”. A estratégia definida, aliada ao conjunto das habilidades de implementação da empresa, objetiva garantir o melhor posicionamento possível em seu setor e/ou grupo estratégico. (FERREIRA e MARIANO, 2001).

### **2.2.1 – A análise estrutural de Indústrias**

A decisão sobre a estratégia competitiva de uma empresa, seguindo a análise estrutural proposta por Porter (1980), leva em conta determinados fatores que controlam o grau de concorrência em uma indústria. Tais fatores se resumem em cinco forças, listadas a seguir:

1. Poder de negociação dos fornecedores;
2. Poder de negociação dos compradores;
3. Ameaça de novos entrantes;
4. Ameaça de produtos ou serviços substitutos; e
5. Rivalidade entre as empresas existentes.

Estas cinco forças competitivas refletem o fato de que a concorrência em uma indústria não está limitada aos participantes estabelecidos. Clientes, fornecedores, substitutos e os entrantes potenciais são

todos “concorrentes” para as empresas na indústria, podendo ter maior ou menor importância, dependendo das circunstâncias particulares. Além disso, o conjunto destas forças determina o potencial de lucro final na indústria, que é medido em termos de retorno a longo prazo sobre o capital investido (PORTER, 1980).

A meta da estratégia competitiva para uma unidade empresarial em uma indústria é encontrar uma posição dentro dela em que a empresa possa melhor se defender contra estas forças competitivas ou influenciá-las a seu favor (PORTER, 1980).

O conhecimento das fontes de pressão competitiva põe em destaque os pontos fortes e os fracos críticos da firma, fortalece o seu posicionamento em sua indústria, esclarece as áreas em que mudanças estratégicas podem resultar em retorno máximo e põe em destaque as áreas em que as tendências da indústria são da maior importância, quer como oportunidades, quer como ameaças (PORTER, 1980).

A intensidade das forças apresenta diferenças de uma indústria para outra, de forma que se faz necessário entender a origem de cada uma delas para que seja possível entender a estrutura de determinada indústria.

### **2.2.2 – Poder de negociação dos fornecedores**

Os fornecedores podem exercer poder de negociação sobre os participantes de uma indústria ameaçando elevar preços ou reduzir a qualidade dos bens e serviços fornecidos. Fornecedores poderosos podem conseqüentemente sugar a rentabilidade de uma indústria incapaz de repassar os aumentos de custos em seus próprios preços.

Um determinado grupo fornecedor é considerado poderoso se as seguintes circunstâncias forem verdadeiras:

- É dominado por poucas companhias e é mais concentrado do que a indústria para a qual vende;

- Não está obrigado a lutar com outros produtos substitutos na venda para a indústria;
- A indústria não é um cliente importante para o grupo fornecedor;
- O produto dos fornecedores é um insumo importante para o negócio do comprador;
- Os produtos do grupo de fornecedores são diferenciados ou o grupo desenvolveu custos de mudança;
- O grupo de fornecedores é uma ameaça concreta de integração para frente.

### **2.2.3 – Poder de negociação dos compradores**

Os compradores competem com a indústria forçando os preços para baixo, barganhando por melhor qualidade ou mais serviços e jogando os concorrentes uns contra os outros. O poder de cada grupo importante de compradores da indústria depende de certas características quanto à sua situação no mercado e da importância relativa de suas compras da indústria em comparação com seus negócios totais (PORTER, 1980).

Um determinado grupo comprador é considerado poderoso se as seguintes circunstâncias forem verdadeiras:

- Ele está concentrado ou adquire grandes volumes em relação às vendas do vendedor;
- Os produtos que ele adquire da indústria representam uma fração significativa de seus próprios custos ou compras;
- Os produtos que ele compra da indústria são padronizados ou não diferenciados;
- Ele enfrenta poucos custos de mudança;
- Ele consegue proporcionar lucros baixos para os vendedores;
- Compradores que são uma ameaça concreta de integração para trás;

- O produto da indústria não é importante para a qualidade dos produtos ou serviços do comprador;
- O comprador tem total informação sobre os custos de produção e, desta forma, tem mais argumentos para negociar.

#### **2.2.4 – Ameaça de novos entrantes**

De acordo com Porter (1980), os novos entrantes em uma indústria trazem nova capacidade, o desejo de ganhar parcela de mercado e frequentemente recursos substanciais. As conseqüências para o mercado podem ser vistas pela redução de preços ou os custos dos participantes podem ser inflacionados, provocando redução na rentabilidade. A ameaça de novos entrantes depende de barreiras de entrada existentes. Caso as barreiras de entrada sejam elevadas, o recém-chegado pode esperar retaliação acirrada dos concorrentes na defensiva.

A percepção de barreiras de entrada pode ser verificada por diversas ações dos concorrentes e/ou do governo tais como:

- Economias de escala que se caracterizam por declínios nos custos unitários de um produto ou serviço, à medida que o volume absoluto por período aumenta.
- Presença de ativos intangíveis tais como marcas e “*know-how*”. Neste caso, a repartição de ativos intangíveis entre unidades de uma empresa gera economias substanciais em razão do custo de sua criação só precisar ser desembolsado uma vez. Posteriormente, a aplicação destes ativos em outros negócios requer apenas custos de adaptação.
- Diferenciação de produto, que se traduz pela identificação das marcas e desenvolvimento de um sentimento de lealdade nos clientes. Esta posição de reconhecimento é obtida por esforços anteriores em publicidade, serviço ao consumidor, etc.
- Necessidade de capital, que pode inibir a entrada de novos concorrentes caso os investimentos iniciais requeridos sejam para atividades



arriscadas e irrecuperáveis como a publicidade inicial e para pesquisa e desenvolvimento (P&D).

- Custos de mudança, que são os custos que se defronta o comprador quando muda de um fornecedor de produto para outro.
- Acesso aos canais de distribuição, que aparece pela necessidade do novo concorrente de assegurar a distribuição para seu produto, visto que os atuais canais de distribuição já estejam sendo atendidos pelas empresas estabelecidas.
- Política governamental. O governo pode limitar ou mesmo impedir a entrada de concorrentes em indústrias através da autorização para emissão de licenças de funcionamento e limites de acesso a matérias-primas.

#### **2.2.5 – Ameaça de produtos ou serviços substitutos**

Os substitutos reduzem os retornos potenciais de uma indústria, colocando um teto nos preços que as empresas podem fixar com lucro. Quanto mais atrativa a alternativa de preço-desempenho oferecida pelos produtos substitutos, mais firme será a pressão sobre os lucros da indústria.

Os substitutos não apenas limitam os lucros em tempos normais, como também reduzem as fontes de riqueza que uma indústria pode obter em tempos de prosperidade. Adicionalmente, a identificação de produtos substitutos é conquistada através de pesquisas na busca de outros produtos que possam desempenhar a mesma função que aquele da indústria (PORTER, 1980).

Em especial, os produtos substitutos que exigem maior atenção são aqueles que:

1. Estão sujeitos a tendências de melhoramento do seu “*trade off*” de preço-desempenho com o produto da indústria; ou
2. São produzidos por indústrias com lucros altos.

No último caso, muitas vezes os substitutos entram rapidamente em cena se algum desenvolvimento aumenta a concorrência em suas indústrias e ocasiona redução de preço ou aperfeiçoamento do desempenho. A análise destas tendências pode ser importante acerca de tentar suplantar estrategicamente um substituto ou planejar a estratégia considerando o substituto como uma força-chave inevitável.

### **2.2.6 – Rivalidade entre as empresas existentes**

As expectativas do entrante em potencial quanto à reação dos concorrentes existentes influenciarão a ameaça de entrada. Se dos concorrentes já estabelecidos é esperada uma resposta rigorosa para tornar difícil a permanência do recém-chegado na indústria, a entrada pode ser dissuadida. Os fatores que condicionam a forte possibilidade de retaliação à entrada e, portanto, a detêm, são as seguintes:

- Um passado de vigorosas retaliações aos entrantes;
- Empresas estabelecidas com recursos substanciais para a disputa, incluindo excedente de caixa e capacidade de contrair empréstimo não exercida, um excesso adequado de capacidade de produção para satisfazer todas as necessidades futuras prováveis, ou um grande equilíbrio com os canais de distribuição ou clientes;
- Empresas estabelecidas com alto grau de comprometimento com a indústria e ativos altamente não-líquidos nela empregados;
- Crescimento lento da indústria, o que limita a capacidade da indústria de absorver uma nova empresa sem deprimir as vendas e o desempenho financeiro das empresas estabelecidas.

### **2.3 – Estratégias Competitivas**

Para que uma empresa realize um estudo sobre suas possibilidades estratégicas, se faz necessário o conhecimento das forças que afetam a

concorrência e suas causas básicas. Após o diagnóstico destas forças, a empresa terá condições de identificar seus pontos fortes e fracos.

Uma estratégia competitiva efetiva pode assumir uma posição defensiva ou ofensiva de modo a criar uma posição defensável contra as cinco forças competitivas (PORTER, 1980).

Em linhas gerais, esta posição defensável pode compreender as seguintes abordagens:

- Posicionar a empresa de modo que suas capacidades proporcionem a melhor defesa contra o conjunto de forças existentes;
- Influenciar o equilíbrio de forças através de movimentos estratégicos e, assim, melhorar a posição relativa da empresa; ou
- Antecipar as mudanças nos fatores básicos das forças e responder a elas, explorando, assim, a mudança através da escolha de uma estratégia apropriada ao novo equilíbrio competitivo antes que os rivais a identifiquem.

Para a realização de um estudo analítico da estrutura do Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos (STRIS), torna-se necessário o entendimento das diferentes possibilidades estratégicas que podem ser vislumbradas pelas empresas. Esta estratégia deve levar em conta alguns tipos importantes de meios industriais, os quais diferem em determinadas dimensões tais como:

- Concentração de indústrias;
- Estado de maturidade da indústria; e
- Exposição à concorrência internacional.

De acordo com Porter (1980), existem cinco meios industriais genéricos importantes:

1. Indústrias consideradas fragmentadas;
2. Indústrias onde o nível de concentração é baixo;

3. Indústrias consideradas emergentes ou novas;
4. Indústrias que passam pela difícil transição de um rápido crescimento para a maturidade; e
5. Indústrias consideradas em declínio.

No presente trabalho, o perfil atual do Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos (STRIS) será analisado e comparado aos cinco diferentes meios industriais genéricos anteriormente citados. A definição do meio industrial no qual se insere o STRIS auxiliará na elaboração de futuras estratégias competitivas.

## **CAPÍTULO 3 – TECNOLOGIAS ATUALMENTE EMPREGADAS**

### **3.1 – Conceitos Iniciais**

Esta seção apresenta alguns conceitos relacionados ao presente estudo a fim de estabelecer um entendimento mais claro do assunto abordado.

#### **Meio Ambiente**

Conjunto de condições que afetam a existência, desenvolvimento e bem estar dos seres vivos.

Não trata apenas de um lugar no espaço, mas de todas as condições físicas, químicas e biológicas que favorecem ou desfavorecem o desenvolvimento dos seres vivos no espaço, condições física, químicas biológicas (BRANCO, 1978).

#### **Poluição**

A poluição resulta do lançamento ou liberação, no meio ambiente, de matéria ou energia, em quantidade ou intensidade tais que o tornem impróprios às formas de vida que ele normalmente abriga, ou prejudiquem os seus usos (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com a Lei n 6.938, de 31/08/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

1. prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
2. criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
3. afetem desfavoravelmente a biota;
4. afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
5. lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

## **Agente Poluidor**

Segundo a Lei n 6.938, de 31/08/1981, “poluidor é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental”.

## **Aspecto Ambiental**

Aspecto ambiental é definido na norma NBR ISO 14.001:2004 como “um elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”.

Pode envolver, por exemplo, a geração de um resíduo sólido, uma descarga ou emissão ou ruído emitido por uma atividade.

## **Impacto Ambiental**

É qualquer modificação no meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades humanas. É consequência, ou o resultado do aspecto ambiental (OLIVEIRA, 2005).

Como exemplos de impactos, podem ser citados a poluição atmosférica, a contaminação do solo e do lençol freático e o esgotamento de recursos naturais.

A relação entre aspecto ambiental e impacto ambiental é de causa e efeito. Assim, um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo. A Tabela 1 apresenta esta relação.

Tabela 1 – Relação Entre Aspectos e Impactos Ambientais

<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Natureza</b>
Resíduo	Contaminação do solo	Negativa
Resíduo	Geração de empregos em empresas de tratamento de resíduos.	Positiva

Fonte: OLIVEIRA, 2007.

### **Passivo Ambiental**

Trata-se do conjunto de dívidas reais (valor monetário) ou potenciais que a empresa possui em relação ao meio-ambiente, pela geração, passada, presente ou futura geração de um determinado resíduo, ou ação degradadora (OLIVEIRA, 2005). Pode ser caracterizado por:

- a) multas, taxas, ações jurídicas existentes ou possíveis;
- b) custo de implantação de procedimento e tecnologias para atender à legislação e normas;
- c) recuperação de áreas e indenização.

### **Ativo Ambiental**

Ativos ambientais são os bens ambientais de uma organização, como, por exemplo, seus mananciais d'água e reservas florestais, a construção de aterros, a recuperação de áreas degradadas, processos de aproveitamento dos resíduos.

Os ativos ambientais são ações tomadas para minimizar ou anular o efeito do passivo ambiental.

### **3.2 – Gestão de Resíduos Industriais**

A criação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) é fundamental para uma empresa reduzir custos e riscos associados à gestão de resíduos sólidos e assegurar que todos os resíduos são gerenciados de forma apropriada e segura, desde a geração até a disposição final.

Este programa de gestão do resíduo deve envolver todas as etapas de produção: geração (fontes); caracterização (classificação e quantificação); manuseio; acondicionamento; armazenamento; coleta; transporte; reuso / reciclagem; tratamento e disposição final.

Este segmento do trabalho tem como objetivo apresentar uma visão geral dos tipos de resíduos, bem como as técnicas modernas de gestão do tratamento e disposição dos resíduos sólidos industriais mais empregadas no mercado. Tem ainda o objetivo de oferecer subsídios para o correto gerenciamento dos resíduos industriais.

### **3.3 – Legislação Ambiental: Obrigações e Sanções Legais**

Ao tratar das questões ambientais, a atual Constituição da República Federativa Brasileira, de 1988 estabelece em seu artigo 225 que: “Todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Para assegurar a efetividade desse direito, o poder público estabeleceu que as atividades de disposição de resíduos consideradas potencialmente causadoras de impactos significantes ao meio ambiente devem ser objetos de prévio Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impactos ao Meio Ambiente (RIMA), em atendimento à Resolução CONAMA 001/86.

O campo dos resíduos não é restrito apenas à questão ambiental. Possui, também, relação com as políticas setoriais de saúde, saneamento e recursos hídricos, as quais devem ser avaliadas de forma integrada e



harmônica nos três níveis de governo: municipal, estadual e federal, visto que legislar sobre meio ambiente é competência comum das três esferas do governo.

A Constituição Federal em seu art. 225, parágrafo 3º estabelece o Princípio da Reparabilidade do Dano Ambiental quando define que “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Na visão da FIRJAN (2006), significa que a gestão inadequada de resíduos pode levar seus responsáveis ao pagamento de multas e a sanções penais (como por exemplo, prisão) e administrativas. Além disso, o dano causado ao meio ambiente e à saúde pública devem ser reparados pelos responsáveis pela geração dos resíduos. A reparação do dano é muito mais complexa tecnicamente e envolve muito mais recursos financeiros do que a prevenção, isto é, do que os investimentos técnico-financeiros na gestão adequada de resíduos.

Embora muitos esforços tenham sido empreendidos nos últimos anos no sentido do desenvolvimento de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda não existe um documento legal no âmbito federal que estabeleça os principais critérios para a gestão de resíduos sólidos no Brasil. Assim, na ausência de uma legislação específica, a gestão adequada de resíduos, considerando o uso eficiente de recursos naturais deve seguir os preceitos da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA – Lei nº 6.938, 1981) (FIRJAN, 2006).

### **3.3.1 – Política Nacional de Resíduos Sólidos**

O processo de formulação de propostas para a criação de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos iniciou-se há mais de 15 anos. No entanto, o projeto de lei 1991/07, que trata do estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi encaminhada pelo governo federal para o Congresso Nacional somente em setembro de 2007.

Este projeto estabelece diretrizes, instrumentos, responsabilidades e proibições para o gerenciamento de resíduos sólidos no país. Entre os objetivos da Política está a garantia de que as condições ambientais sejam favoráveis à manutenção da saúde pública.

Um dos pontos principais do projeto de lei apresentado é a instituição da lógica reversa, a qual cria mecanismos para que o produto, depois de consumido, possa ser reintroduzido na cadeia produtiva.

Além, de estabelecer responsabilidades ao poder público, aos fabricantes e revendedores, esta Política prevê obrigações dos consumidores em relação ao reaproveitamento e à disponibilização de resíduos para coleta. De acordo com o projeto de lei, os consumidores devem acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados, na tentativa de reduzir a sua geração e, após a utilização do produto, disponibilizar adequadamente os resíduos que possam ser reciclados.

A responsabilização de consumidores, empresas e revendedores, prevista na proposta do governo é uma questão que deve evoluir com o tempo. Em algumas sociedades mais avançadas já há uma intensa consciência ambiental e uma forte capacidade de responsabilizar mais as empresas e os cidadãos. No Brasil esta questão ainda se encontra em evolução.

### **3.3.2 – Política Nacional de Meio Ambiente.**

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo realizar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições propícias ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

A Política Nacional do Meio Ambiente criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) formado por órgãos, entidades e fundações da União, dos Estados e do Município com responsabilidade pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

Segundo GUSMÃO (2007), a Lei nº 6.938/81 causou uma significativa alteração nas apurações das responsabilidades provenientes de danos ao meio ambiente, independentemente da culpa e criou o Princípio do Poluidor Pagador. O poluidor é obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade, sob pena de multa e um a três anos de reclusão.

Este Princípio tem o intuito de atribuir ao poluidor do meio ambiente os ônus sociais pela deterioração gerada por sua atividade, mediante a internalização dos custos na sua cadeia produtiva. Isto significa que os custos para prevenir e reparar a degradação ambiental devem ser pagos pelas partes responsáveis pela poluição e não mais pelo Estado e, conseqüentemente, nem pela sociedade.

Em 1998, passou a vigorar a Lei nº 9.605, Lei dos Crimes Ambientais, que dispõe sobre as infrações e estabelece sanções para quem praticar condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, como por exemplo, o gerenciamento inadequada dos resíduos sólidos. Uma multa aplicada em decorrência de um crime ambiental pode atingir R\$ 20 milhões e as penas variam de um a cinco anos de reclusão.

### **3.4 - Classificação dos Resíduos Sólidos Industriais**

Em seu trabalho intitulado “Perfil do Setor de Tratamento e Serviços Ambientais” (2006), a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE) considera o resíduo sólido industrial (RSI) como sendo o chamado “resíduo último”, isto é, aquele cujo gerador considerou “não aproveitável”, por qualquer razão técnica ou econômica, em determinado momento, ou seja, após ter passado pelo crivo do reuso e da reciclagem.

Pode ainda ser acrescentada a informação de que o RSI é somente aquele resíduo gerado direta ou indiretamente durante o processo de transformação (BIANCHINI, 2006).

Para grande parte da sociedade, a definição de resíduo sólido está atrelada ao conceito de lixo.

Segundo as notas de aula da professora Denize de Carvalho, os conceitos de lixo e de resíduo podem variar conforme a época e o local analisados. Tais definições dependem de fatores jurídicos, econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Para alguns, lixo está associado ao poder público e *resíduo* ao setor industrial. Para Calderoni (1998), resíduo é um material que possui valor comercial, enquanto lixo é um material descartado que não tem valor comercial.

De acordo com a norma ABNT NBR 10004:2004, a qual trata da classificação dos resíduos sólidos, são considerados resíduos sólidos industriais os resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A FIRJAN (2006) salienta que a classificação dos resíduos sólidos gerados em uma determinada atividade é o primeiro passo para estruturar um plano de gestão adequado. A partir da classificação serão definidas as etapas de coleta, armazenagem, transporte, manipulação e disposição final, em função do tipo de resíduo gerado.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – editou um conjunto de normas a fim de padronizar a classificação dos resíduos em todo território nacional:

- ABNT NBR 10004:2004 → Resíduos Sólidos - Classificação

- ABNT NBR 10005:2004 → Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
- ABNT NBR 10006:2004 → Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
- ABNT NBR 10007:2004 → Amostragem de Resíduos

De acordo com o Corpo Técnico da Cetesb (1992), a classificação dos resíduos sólidos industriais atua como base para a definição de medidas especiais de proteção necessárias em cada fase, bem como os custos envolvidos.

A norma NBR 10004 - “Resíduos Sólidos – Classificação” classifica os resíduos quanto aos seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados.

Esta classificação é baseada nas características dos resíduos, em listagens de resíduos reconhecidamente perigosos e em listagens de padrões de concentração de poluentes, a saber:

- Anexo A → Resíduos de fontes não específicas
- Anexo B → Resíduos perigosos de fontes específicas
- Anexo C → Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos
- Anexo D → Substâncias agudamente tóxicas
- Anexo E → Substâncias tóxicas
- Anexo F → Concentração - Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação
- Anexo G → Padrões para o ensaio de solubilização
- Anexo H → Codificação de alguns resíduos classificados como não-perigosos.

A norma NBR 10004 atenta para o fato de que a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade da qual eles se originam bem como das suas características e a comparação destes constituintes com as listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. É importante que a identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo seja criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem. O Corpo Técnico da Cetesb (1993) ressalta que um conhecimento prévio do processo industrial é imprescindível para a classificação do resíduo, identificação das substâncias presentes no mesmo e verificação da sua periculosidade.

Brasil e Santos (2004) ressaltam que os resíduos radioativos não são objeto dessa norma, visto que são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Segundo a Norma NBR 10004, os resíduos são agrupados em três classes, em função do grau de periculosidade apresentado, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos Resíduos Sólidos Segundo NBR 10004

<b>Classe do Resíduo</b>	<b>Característica</b>
<b>Resíduos Classe I</b>	<b>Perigosos</b>
<b>Resíduos Classe II</b>	
Resíduos Classe II A	<b>Não perigosos e Não-inertes</b>
Resíduos Classe II B	<b>Não perigosos e Inertes</b>

Fonte: Elaboração própria, com base na NBR 10004.

- **Resíduos classe I - Perigosos**

São aqueles cujas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas podem ocasionar riscos ao meio ambiente e/ou à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices.

Um resíduo é classificado como classe I se estiver contido nos anexos A (resíduos perigosos originados de fontes não específicas) ou B (resíduos perigosos originados de fontes específicas) da NBR 10.004 da ABNT ou apresentar uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

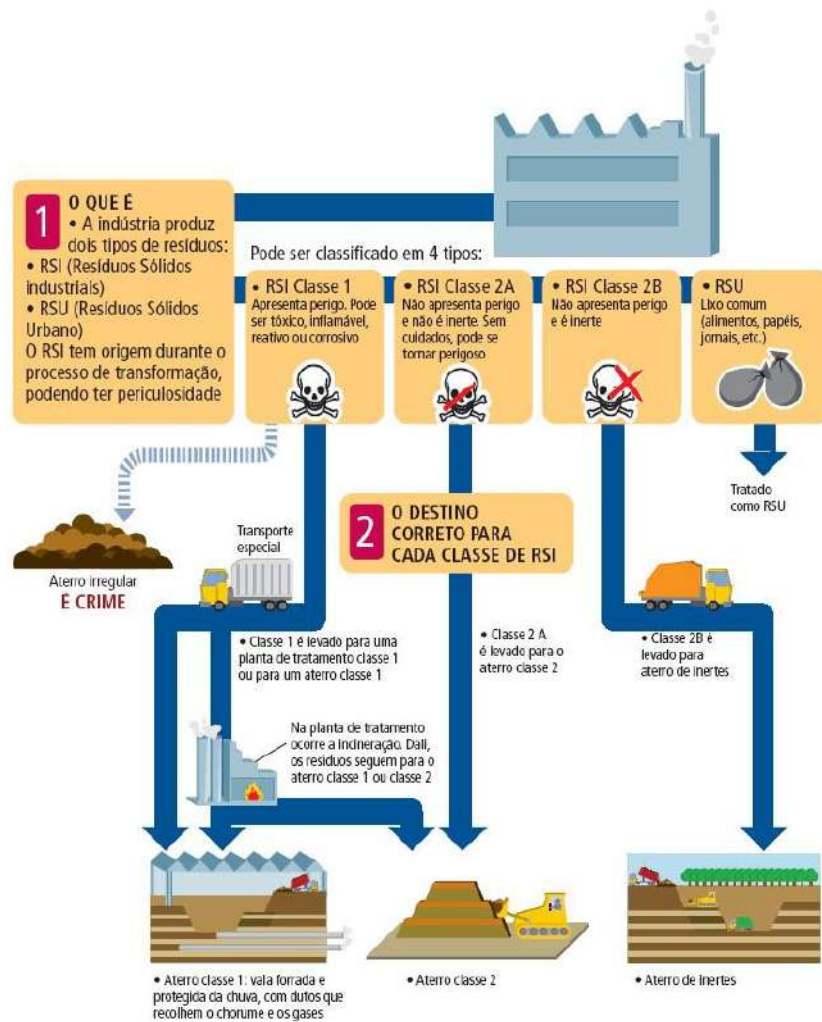
- **Resíduos classe II – Não Perigosos**

São definidos como sendo aqueles constantes da listagem H, da NBR 10.004. De acordo com essa classificação, os resíduos Classe II – Não-perigosos dividem-se em:

- **Resíduos Classe II-A: Não Inertes** → são definidos como sendo aqueles resíduos que não se enquadram nas classificações de Resíduo Classe I – Perigoso ou de Resíduo Classe II-B – Inertes. Os resíduos classe II-A podem apresentar características de solubilidade em água, combustibilidade ou biodegradabilidade.

- **Resíduos Classe II-B: Inertes** → são definidos como quaisquer resíduos que, ao serem submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente (segundo a NBR 10006) e amostrados de forma representativa (conforme a NBR 10007), não apresentam constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme Anexo G. Para ser enquadrado nesta classificação, o resíduo não pode estar contaminado com nenhuma substância constante C, D ou E da norma.

Na Figura 2, é apresentado o tipo de destinação conferido a cada resíduo em função dos quatro tipos existentes:



Fonte: ABRELPE, 2006

Figura 2: Passo a Passo dos Resíduos Sólidos Industriais.

Para a correta aplicação da norma NBR 10004 é necessário consultar as seguintes normas complementares:



- **NBR 10005 → Lixiviação de Resíduos – Procedimento**

Esta norma tem como objetivo determinar condições exigíveis para lixiviação de resíduos tendo em vista a sua classificação.

De acordo com Brasil e Santos (2004), o processo de lixiviação consiste em lavar ou percolar o resíduo em meio ácido, mediante adição de ácido acético 0,5 N durante 24 horas. A concentração dos contaminantes no substrato não pode superar os valores constantes na listagem “Concentrações máximas no teste de lixiviação”. Caso ultrapasse, o resíduo é considerado perigoso (classe I).

- **NBR 10006 → Solubilização de Resíduos – Procedimento**

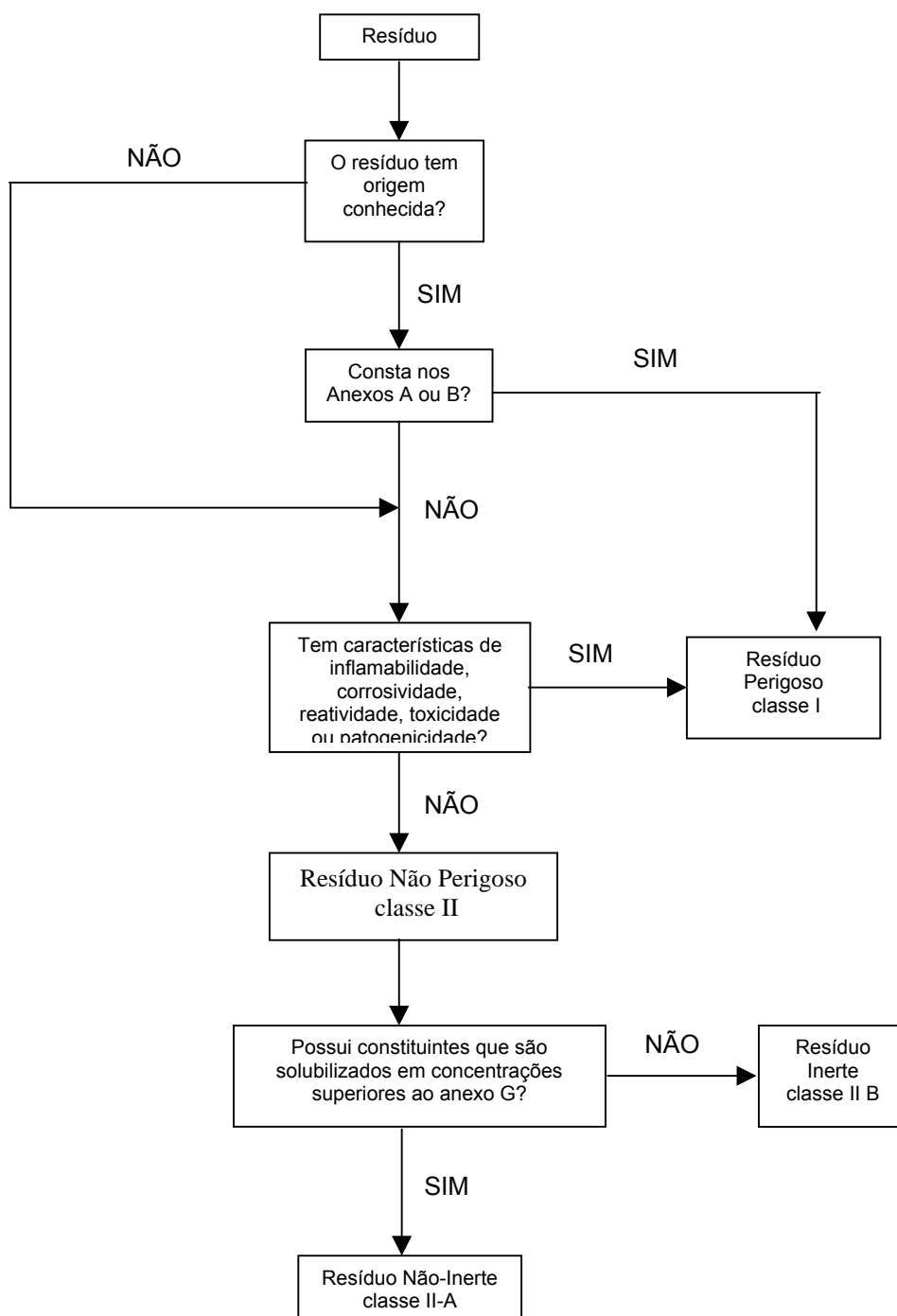
Esta norma determina as condições exigíveis para promover a distinção entre os resíduos de classe II-A e II-B. Possui a particularidade de ser específica para resíduos no estado sólido.

De acordo com Brasil e Santos (2004), o processo de solubilização consiste em lavar ou percolar o resíduo com água destilada durante 24 horas. A concentração dos contaminantes no substrato não pode superar os valores constantes na listagem “Concentrações máximas no teste de solubilização”. Se a concentração do contaminante detectado estiver abaixo do limite indicado na listagem, o resíduo ou substância é classificado como inerte (classe II-B).

- **NBR 10007 → Amostragem de Resíduos – Procedimentos**

Esta norma determina as condições exigíveis a fim de realizar amostragem, preservação e estocagem de amostra de resíduos sólidos.

A seguir, é possível observar um fluxograma esquemático de classificação dos resíduos sólidos quanto ao risco à saúde pública e ao meio ambiente.



Fonte: ABNT NBR 10004:2004

Figura 3: Caracterização e Classificação de Resíduos Sólidos

A classificação do resíduo inicia-se no conhecimento ou não da origem do resíduo. Uma vez determinada sua origem, deve-se verificar a sua

presença nos Anexos A<sup>2</sup> ou B<sup>3</sup> da norma. Caso o resíduo seja identificado em uma destas listagens, o mesmo é classificado como **perigoso**. Caso contrário, o resíduo deve ser avaliado quanto à presença em sua composição de substâncias constantes no Anexo C<sup>4</sup>.

A avaliação da periculosidade é realizada através da comprovação de pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, toxicidade, reatividade, corrosividade ou patogenicidade. Apresentando ao menos uma destas características, o resíduo é classificado como **perigoso classe I**.

Caso não seja comprovada a periculosidade do resíduo, o mesmo é caracterizado como resíduo **não perigoso**. Neste caso, deve-se realizar os teste de solubilidade e comparar com os padrões fixados no Anexo G<sup>5</sup>. Através da comparação dos resultados obtidos na análise do extrato solubilizado com os padrões do Anexo G, os resíduos são classificados como inertes ou não inertes. Caso o resultado da verificação de solubilidade esteja acima dos padrões determinados no Anexo G, o resíduo é classificado como **não inerte – classe II-A**. Caso contrário, o resíduo é caracterizado como **inerte – classe II-B**.

De acordo com as notas de aula da professora Denize de Carvalho, as decisões técnicas e econômicas consideradas em todas as etapas do tratamento dos resíduos sólidos industriais (manuseio, acondicionamento, armazenagem, coleta, transporte e destinação final) devem ser fundamentadas na classificação dos mesmos.

A partir desta análise da classificação dos resíduos sólidos industriais, é possível definir a melhor forma de tratá-los bem como aproveitá-los de forma econômica, tendo em vista os métodos de destinação final existentes, os quais são apresentados na próxima seção.

---

<sup>2</sup> Resíduos perigosos de fontes não específicas

<sup>3</sup> Resíduos perigosos de fontes específicas

<sup>4</sup> Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos

<sup>5</sup> Padrões para ensaio de solubilização

### 3.5 - Métodos de Destinação Final de Resíduos

Segundo Brasil e Santos (2004), a gestão de resíduos sólidos é composta por atividades administrativas, econômicas, técnicas e organizacionais, com o objetivo de viabilizar soluções ambientalmente corretas na geração, tratamento e destinação final dos resíduos.

Existem variados métodos de disposição final de resíduos industriais, sendo, portanto, fundamental avaliar qual o método mais apropriado ao resíduo de interesse, além de conhecer e respeitar a legislação em vigor correspondente.

O aproveitamento dos resíduos gerados traz benefícios tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista econômico, visto que, com o aproveitamento dos resíduos, é possível reduzir a utilização de recursos naturais e diminuir os gastos com matérias-primas.

A destinação final de resíduos sólidos e líquidos pode ocorrer no ar, na água ou no solo. Brasil e Santos (2004) relatam que o resíduo que não recebe a disposição adequada pode ocasionar danos ambientais, tais como:

**Poluição do Solo:** o resíduo modifica as características físico-químicas do solo, tornando o ambiente susceptível ao desenvolvimento de vetores nocivos à saúde pública, além de contaminar o lençol freático da região devido à infiltração de líquidos percolados.

**Poluição da Água:** modifica as características do ambiente em função do contato das águas pluviais e superficiais do local com o líquido percolado gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no resíduo, ocasionado o carreamento de resíduos pela ação das águas de chuva.

**Poluição do Ar:** a decomposição dos resíduos pode ocasionar a exalação de odores e a geração de gases tóxicos e material particulado, os quais podem provocar explosões e doenças respiratórias.

Uma das questões que mais tem preocupado os profissionais da área ambiental é a escolha de soluções adequadas para a destinação de resíduos sólidos. A intensa diversidade de resíduos industriais e as várias

concentrações com que cada contaminante aparece em cada resíduo são fatores que dificultam a determinação da tecnologia mais apropriada para cada caso. Muitas vezes, uma solução, indicada para determinado tipo de resíduo, pode mostrar-se inviável para outro, de mesma origem, mas que apresente, por exemplo, um grau de umidade diferente. A prática tem demonstrado que cada caso é um caso, e que fatores econômicos têm, ainda, exercido uma influência exagerada na adoção de soluções para problemas relativos à destinação de resíduos sólidos. (JAIR ROSA CLÁUDIO, 1994).

A seguir, é possível visualizar os diferentes tipos de resíduos segundo suas origens e seus respectivos métodos de destinação:

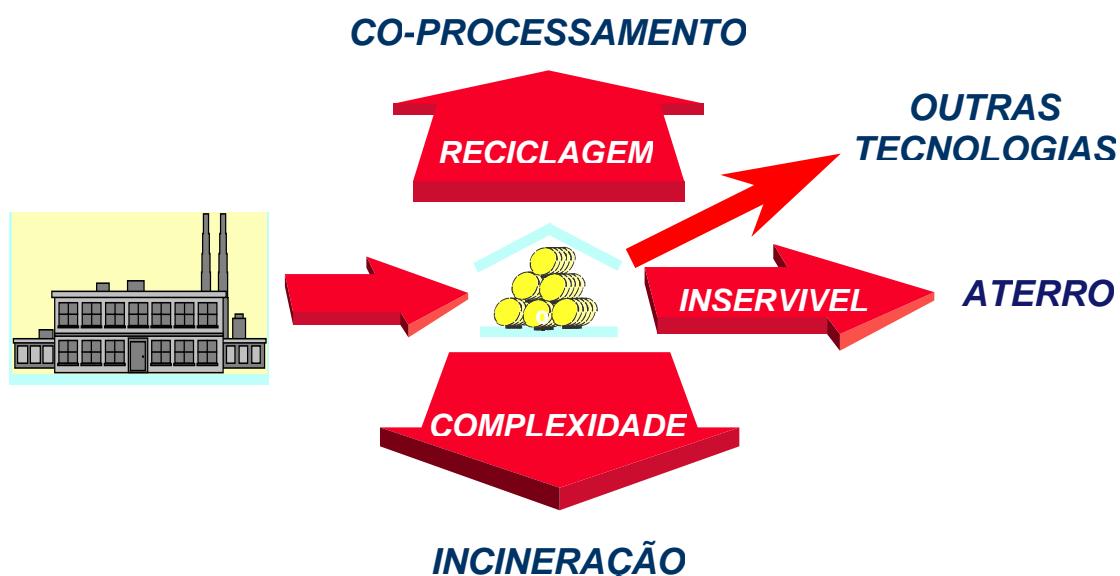
Tabela 3 – Determinação do Método de Destinação em Função da Origem do Resíduo

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Método de Destinação</b>
<b>Agropastoril – Agrícola e Pecuária</b>	Aterro Sanitário
	Compostagem
	Incineração
<b>Construção Civil</b>	Aterro
	Reciclagem
<b>Domiciliar – Público/Urbano e Comercial</b>	Aterro Sanitário
	Compostagem
	Reciclagem
<b>Radioativo - Nuclear</b>	Encapsulamento
<b>Serviço de Saúde</b>	Esterilização por Autoclave
	Esterilização por Microondas
	Incineração
<b>Tecnológico</b>	Reciclagem

	Reprocessamento
<b>Industrial</b>	Aterro industrial
	Incineração
	Co-Processamento
	Outros (pirólise, plasma, land-farming, entre outros)

Fonte: Brasil e Santos, 2004

Este trabalho terá como foco a discussão a respeito das tecnologias de tratamento de resíduos sólidos industriais, as quais são apresentadas também na Figura 4. A escolha do tipo de destinação a ser oferecido a um determinado resíduo deve ser função das características do mesmo.

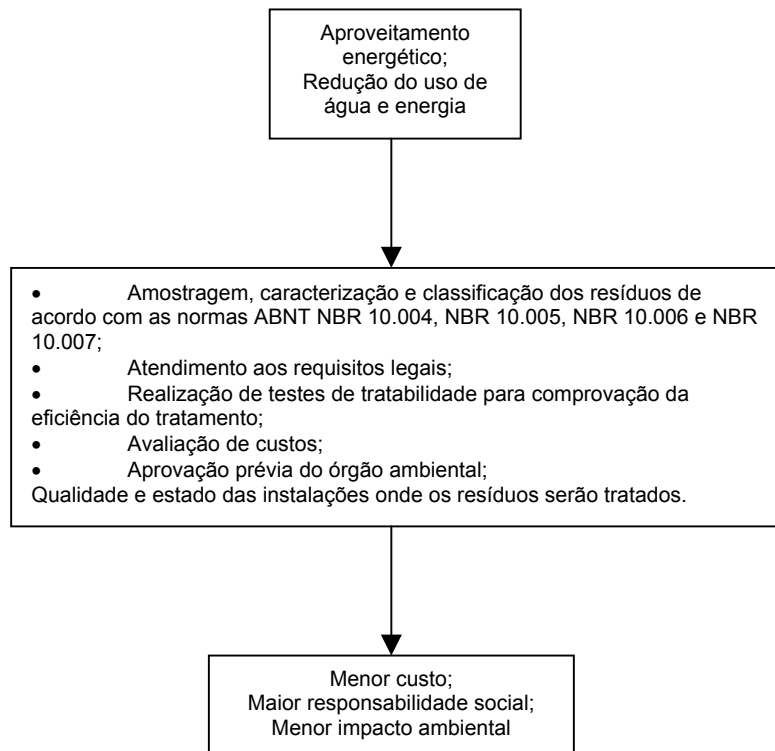


Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda<sup>6</sup>, 2007

Figura 4: Esquema Ilustrando o Emprego de Cada Tecnologia Tendo como Base as Características dos Resíduos

<sup>6</sup> Essencis Co-Processamento pertence ao grupo Essencis Soluções Ambientais, a qual realiza o tratamento e disposição final de resíduos industriais perigosos e não-perigosos.

A escolha do método de tratamento e disposição final deve considerar fatores legais, técnicos e financeiros. O esquema a seguir, disponibilizado pela FIRJAN (2006), descreve o fluxo de informações para a escolha da melhor tecnologia para a destinação final de resíduos.



Fonte: Manual de Gerenciamento de Resíduos da FIRJAN, 2006

Figura 5: Fluxo de Informação para Determinação da Tecnologia mais Adequada de Destinação Final de Resíduos.

O esquema apresentado representa a seqüência de informações que a empresa geradora de resíduo segue a fim de garantir a escolha da tecnologia de tratamento mais viável, tanto do ponto de vista econômico quanto operacional.

O processo de toda empresa tem como uma das entradas operacionais o aproveitamento energético e a redução do uso de água e energia.

Neste processo produtivo ocorre a geração de resíduos industriais. O resíduo deve ser amostrado e caracterizado a fim de garantir que o mesmo será tratado em face das características que possui. Toda transferência de resíduos do gerador para o receptor deve atender a requisitos da legislação e ser aprovada previamente pelo órgão ambiental. Na determinação da melhor tecnologia a ser oferecida, devem, também, ser consideradas a avaliação dos custos envolvidos e a credibilidade da empresa prestadora do serviço de tratamento de resíduo.

Ao contratar uma empresa de tratamento de resíduos, o gerador avalia qual fornecedor oferece o menor custo aliado à minimização do impacto que o tratamento causa ao meio ambiente. Devido ao conceito de responsabilidade solidária, é importante lembrar que a empresa geradora de resíduos possui a mesma carga de responsabilidade quando comparada com as empresas que prestam o transporte e o tratamento de resíduos. Isto significa que todas as forças envolvidas no gerenciamento do resíduo (desde a empresa que gera o resíduo, passando pela empresa que coleta, transporta, armazena, manuseia e trata o mesmo) são civilmente responsáveis pela garantia de manutenção da integridade do resíduo, e conseqüentemente, pela prevenção de danos causados à saúde pública e ao meio ambiente.

O presente trabalho terá como foco a discussão a respeito dos diferentes métodos de tratamento e disposição utilizados para resíduos sólidos industriais, em virtude da sua atual importância para a indústria química.

### **3.5.1 – Disposição Final em Aterros**

Aterros podem ser descritos como locais onde são dispostos resíduos oriundos de diversas atividades humanas. São classificados em função do tipo de resíduo que são habilitados a receber e diferem entre si no sistema de impermeabilização e controle necessário.



A expressão “disposição final” refere-se à colocação de resíduos industriais em aterros sanitários ou industriais.

O aterro comum – popularmente denominado de lixão – consiste na descarga direta de resíduos sobre o solo. Trata-se, portanto, segundo Brasil e Santos (2004), da forma mais inadequada de disposição de resíduos, visto que não há controle do material que está sendo depositado no solo, além da ausência de medição e monitoramento dos impactos gerados e controle de proteção, tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública. No aterro comum, não é verificada a separação entre os resíduos sólidos, isto é, todos (resíduos urbanos, industriais e de saúde) são destinados conjuntamente no mesmo espaço.

Os aterros são denominados aterros sanitários quando projetados especialmente para a destinação de resíduos sólidos urbanos. São denominados aterros industriais (ou de segurança) quando projetados e operados exclusivamente para a destinação de resíduos sólidos industriais.

Para definir a implantação de um determinado tipo de aterro, é necessário conhecer os resíduos sólidos a serem dispostos no local. A Norma NBR 13896/1997 determina que os resíduos a serem dispostos em aterros devem ser compatíveis entre si, ou seja, não devem tornar-se reativos, explosivos, corrosivos ou tóxicos, ou liberarem gases tóxicos quando misturados.

Os aterros constituem-se no método de disposição final de resíduos mais barato e de tecnologia mais simples dentre os conhecidos. No entanto, nem todos resíduos são passíveis de serem destinados em aterros. De acordo com o Corpo Técnico da Cetesb (1996), são passíveis de disposição em aterro todos os resíduos cujos contaminantes/poluentes neles contidos podem sofrer alguma forma de atenuação no solo, quer seja por processos de retenção (filtração, troca iônica, adsorção) quanto por processos de degradação.

O tipo de aterro (classe I, II-A ou II-B) a ser escolhido é função da qualificação, quantificação e grau de periculosidade dos resíduos que serão destinados. Resíduos oleosos, inflamáveis, orgânico-persistentes, que

apresentam reatividade ou que contenham líquidos livres não podem ser destinados em aterros.

#### Elementos de Proteção Ambiental em Aterros:

O Corpo Técnico da Cetesb (1996) ressalta que, durante o projeto de construção de um aterro, faz-se necessário considerar os seguintes elementos de proteção ambiental:

- Sistema de drenagem de águas pluviais

O projeto do aterro deve contemplar um sistema de drenagem das águas que precipitam sobre a área do aterro, evitando a percolação através dos resíduos e/ou infiltração na massa de resíduos.

- Sistema de impermeabilização.

Um sistema de impermeabilização deve apresentar pelo menos as seguintes características:

- Ausência de incompatibilidade química com os resíduos a serem aterrados;
- Durabilidade;
- Estanqueidade;
- Resistência à intempéries;
- Resistência mecânica.

Durante o projeto de implantação do aterro, é necessário preparar uma base de assentamento firme e estável, além de realizar a impermeabilização fazendo uso sempre da melhor tecnologia disponível para o tipo de material empregado.

Dentre os materiais mais utilizados nos sistemas de impermeabilização de aterros industriais, os mais indicados são aqueles constituídos por argilas compactadas e geomembranas sintéticas (como por exemplo, a manta de PEAD - Polietileno de Alta Densidade).

Na Figura 6 é possível visualizar a impermeabilização do solo do aterro pertencente ao grupo Essencis localizado no município de Itaberaba, em São Paulo.



Fonte: Essencis Soluções Ambientais, 2007

Figura 6: Impermeabilização do Aterro em Itaberaba – SP

- Sistema de detecção de vazamentos através da impermeabilização

Os sistemas de detecção de vazamentos através das camadas de impermeabilização são constituídos por drenos-testemunho e poços de monitoramento.

Os drenos-testemunho são estruturas drenantes localizadas sob as camadas de impermeabilização, que tem como objetivo detectar eventuais vazamentos através das mesmas, viabilizando a execução de reparos.

As estruturas drenantes mais empregadas são os colchões de areia, como drenos de superfície, e os drenos de brita com tubo guia, como drenos

lineares, os quais conduzem os líquidos provenientes de possíveis vazamentos até os poços de monitoramento.

Para o dimensionamento das estruturas drenantes é fundamental o conhecimento da vazão a ser drenada e as condições geomorfológicas da região.

- Sistema de coleta e tratamento de líquidos percolados

Em aterros industriais utiliza-se a coleta e a remoção de líquidos percolados como uma das formas de minimização do impacto ambiental.

A coleta pode ser efetuada por intermédio de drenos de brita com tubo guia, os quais conduzem os líquidos até as caixas de coleta, de onde são enviados a um tratamento adequado, por gravidade, bombeamento indireto ou em carros-tanque.

O sistema de coleta de líquidos percolados deve estar sempre associado a uma forma de tratamento para estes líquidos, não sendo admissível sua descarga em corpos d'água superficiais.

Este tratamento do líquido percolado pode ser efetuado em instalações existentes na indústria, em instalações de terceiros ou em instalações especialmente projetadas para o aterro. O tipo e a capacidade da estação de tratamento é função das características e volume previsto de líquido, podendo incluir: tratamento físico-químico convencional, tratamento biológico ou tratamento avançado (como, por exemplo, absorção em carvão ativo, dentre outras técnicas).

- Sistema de drenagem de gases

A formação de gases em aterros deve-se à decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias, gerando principalmente gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) ou a reações entre resíduos incompatíveis

inadvertidamente dispostos em conjunto, o que produz, em muitos casos, a formação de gases tóxicos.

No projeto de dimensionamento do sistema de drenagem de gases emitidos, devem ser consideradas as seguintes informações:

- Vazão a ser drenada;
- Declividade do terreno;
- Material de preenchimento do dreno, geralmente brita.

Os gases emitidos podem migrar pelo subsolo (o qual é constituído por meios porosos), atingindo fossas, poços e redes de esgoto, ocasionando problemas graves, visto que o metano em concentrações entre 5% e 15% propicia explosões. Esta migração é, portanto, controlada por intermédio da instalação de um sistema de drenagem, constituído, geralmente, por drenos verticais dispostos em pontos estratégicos no aterro.

Estes drenos são constituídos por tubos perfurados dispostos em uma camisa de brita e que atravessam verticalmente todo o aterro, desde o solo até a camada superior.

- Poços de monitoramento do aquífero

A instalação de poços de monitoramento e inspeção na região do aterro tem por finalidade controlar a qualidade das águas superficiais no entorno do empreendimento, possibilitando a retirada de amostras representativas do aquífero.

- Cobertura final

É realizada uma cobertura com uma geomembrana e uma camada de solo.

A seguir, é descrita a técnica de disposição de resíduos sólidos em aterros do tipo industrial.

### **3.5.1.1 – Aterro Industrial Classe I**

Este tipo de aterro destina-se à disposição ambientalmente segura de resíduos industriais perigosos, com baixo teor de solventes, óleos ou água e que não sejam reativos ou inflamáveis.

O Sistema FIRJAN (2006) exemplifica que em um aterro classe I podem ser dispostos resíduos industriais tais como:

- Lodos de estação de tratamento de efluentes líquidos (como, por exemplo, pintura industrial) e galvânicos;
- Lodos de caixa de decantação ou sedimentação;
- Borras de retífica;
- Borras de tinta com baixos teores de solventes;
- Cinzas de incineradores;
- Areias de fundição;
- Óleo lubrificante usado ou contaminado;
- Equipamentos contaminados com óleo;
- Acumuladores elétricos a base de chumbo (baterias);
- Resíduos domiciliares, como por exemplo, resíduos sólidos urbanos em geral, não-passíveis de reciclagem ou compostagem.

Brasil e Santos (2006) descrevem que os aterros para resíduos perigosos são revestidos em toda sua extensão por uma cobertura metálica que evita a drenagem das águas pluviais para o seu interior, impedindo a formação de líquidos percolados. Desta forma, diminui-se a possibilidade de infiltração provocada pela incidência de chuva, minimizando o risco de contaminação das águas subterrâneas.

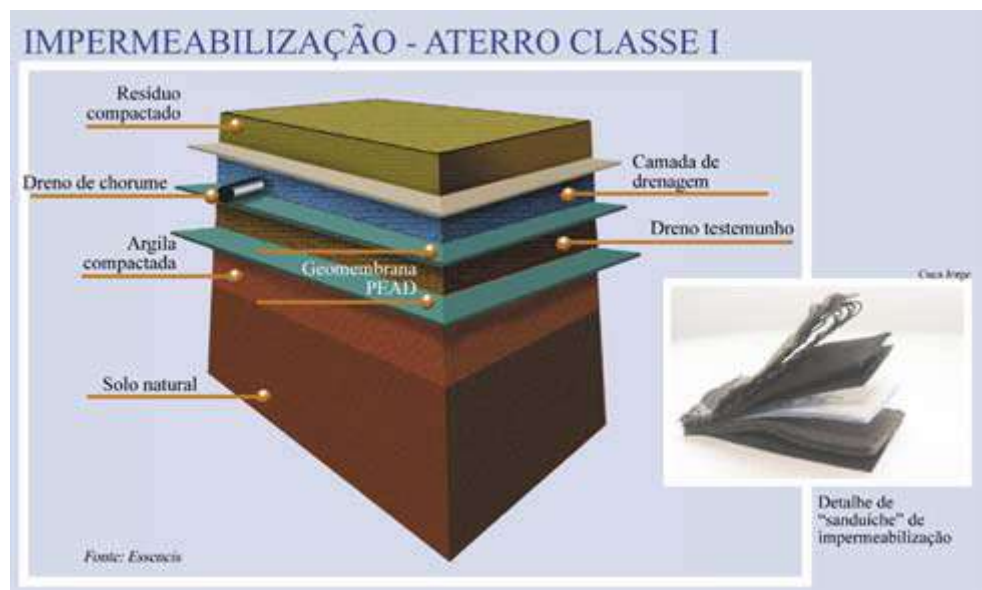
Outra característica pertinente ao Aterro Classe I é a instalação de um sistema de impermeabilização com argila e dupla geomembrana de PEAD, cuja finalidade é proteger o solo e o lençol freático do contato com os resíduos e com o efluente gerado, o qual, ao ser captado pelo sistema de drenagem de líquidos, é encaminhado para tratamento. As duas mantas que compõem o sistema de impermeabilização garantem uma proteção reforçada contra a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, visto tratar-se de um aterro de destinação de resíduos perigosos. A primeira manta confere a impermeabilização superior e tem como objetivo evitar que as águas pluviais percolem através da massa de resíduos. Já a segunda manta garante a impermeabilização inferior e tem como finalidade promover o confinamento dos resíduos e líquidos percolados, impedindo a infiltração de contaminantes no subsolo e lençol freático.

Segundo Brasil e Santos (2006), a planta de um aterro classe I deve ser composta, fundamentalmente, pelos seguintes componentes:

- Valas e trincheiras;
- Sistema de impermeabilização, composto por:
  - Sub-base de solo;
  - Barreira de argila compactada (1,5 mm)
  - Primeira manta de impermeabilização de PEAD com 2,5 mm de espessura;
  - Dreno testemunho a fim de garantir a detecção de possíveis vazamentos;
  - Segunda manta de PEAD de 2,0 mm de espessura (manta de ataque);
  - Sistema de drenagem de líquido percolado;
  - Camada de preenchimento estrutural;
  - Cobertura;

- Sistema de tratamento de líquidos percolados;
- Camada de cobertura.

A Figura 7 ilustra todos os elementos de proteção ambiental que devem estar presentes em um Aterro Classe I.

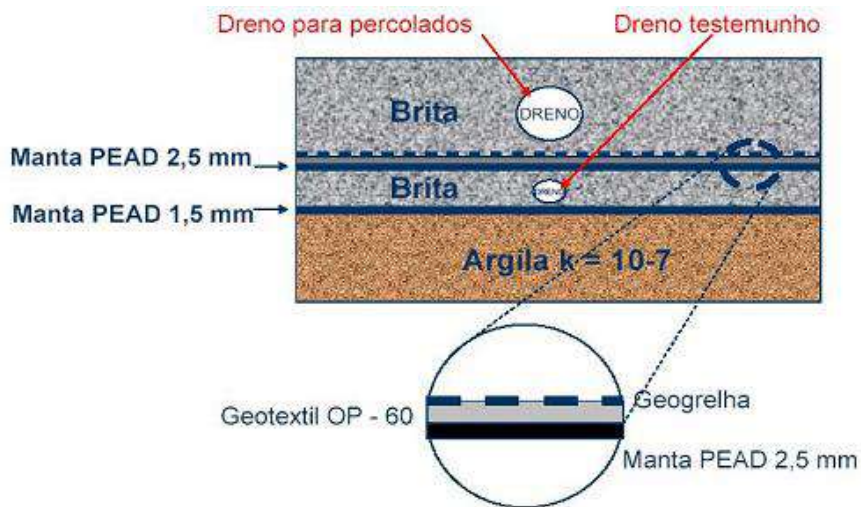


Fonte: Essencis Soluções Ambientais, 2007

Figura 7: Esquema de Impermeabilização de um Aterro Classe I

Os detalhes do sistema de impermeabilização duplo podem ser observados na Figura 8.





Fonte: Essencis Co-processamento, 2007.

Figura 8: Detalhe do Sistema de Impermeabilização de um Aterro Classe I

O aterro industrial classe I da empresa Essencis por exemplo, possui uma camada de 1 metro de espessura de argila adensada. Além da barreira física do solo, a argila, como retentora de íons, possibilita a degradação de carga orgânica. A segunda camada da impermeabilização é uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 1,5 mm. Acima dela, cobre-se toda a área com uma geogrelha de plástico para drenagem testemunho que, por sua vez, recebe um novo revestimento com geomembrana de PEAD de 2 mm.

Como quinta camada do "sanduíche" da impermeabilização, o sistema recebe outra geogrelha, dessa vez apenas no talude da célula, região mais vulnerável à lixiviação. Em seguida, o revestimento é um geotêxtil de nowwoven (não-tecido). Por fim, como última camada, em contato direto com os resíduos, há uma proteção mecânica com pneus preenchidos com material granuloso (pedras). Na base da célula, há também 40 cm de brita perpassada abaixo com tubo de polietileno para coleta de percolado.

O aterro conta com uma cobertura móvel metálica na frente da descarga dos resíduos, cuja finalidade é evitar, até o fechamento definitivo dos

módulos da célula, a formação de percolados de metais em decorrência da chuva.

O fechamento dos módulos completos da célula, quando se remove a cobertura metálica móvel, ocorre com argila compactada, em uma camada de 60 cm de espessura, mais uma geomembrana de PEAD, seguida de drenagem, camada de solo vegetal e, por fim, paisagismo com plantas nativas.

O momento do encerramento de um módulo ocorre quando o mesmo atinge três lances de seis metros, totalizando 18 m de altura, desde a base escavada, com resíduos enterrados.

Todo o cuidado com a impermeabilização garante boa segurança de operação, mesmo sabendo que o lençol freático está a mais de 30 metros de profundidade. Ainda assim, para haver melhor controle, foram instalados sete poços de monitoramento, que passam por checagem a cada três meses. Todos estes detalhes elevam consideravelmente o custo operacional do aterro, cujo somente o sistema de impermeabilização envolveu investimento de mais de R\$ 1,2 milhão.

#### **3.5.1.2 – Aterro Industrial Classe II**

O aterro classe II destina-se à disposição de resíduos industriais não-perigosos, e também para a disposição de resíduos domiciliares.

Quando se trabalha com resíduos classe II, o sistema de impermeabilização dos aterros é composto apenas por uma manta, a qual supre com eficiência a necessidade de impermeabilização do solo.

### 3.5.1.2.a – Aterro Industrial Classe II-A

O aterro classe II-A recebe resíduos não-perigosos e não inertes, tais como lodos de estação de tratamento de águas residuárias de galvanoplastia, indústrias químicas, metalúrgicas e mecânicas, lodos de caixas de decantação, embalagens contaminadas, refratários, carepas<sup>7</sup>, escórias, areias de fundição.

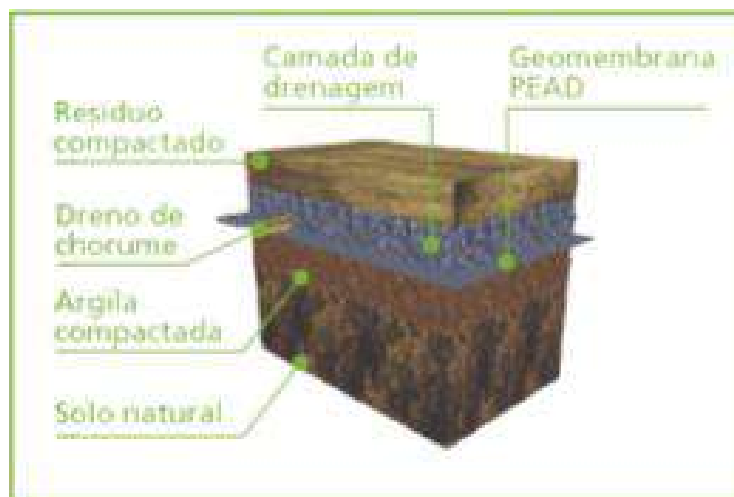
De acordo com a legislação de resíduos não-perigosos (NBR 13896) e ratificado por Brasil e Santos (2006), um aterro classe II-A deve possuir fundamentalmente os seguintes componentes:

- Camadas de resíduos compactada
- Isolamento e acesso internos;
- Sistemas de impermeabilização;
  - Sub-base de solo para fundação dos outros elementos do aterro;
  - Barreira de argila compactada;
  - Sistema de impermeabilização com geomembrana de PEAD (manta de ataque).
- Sistemas de drenagem de líquidos percolados;
- Estação de tratamento de líquidos percolados;
- Sistema de drenagem superficial;
- Sistema de drenagem de gases;
- Monitoramento de águas subterrâneas.

A Figura 9 ilustra o esquema de constituição de um aterro classe II-A.

---

<sup>7</sup> Carepa é um produto oriundo da oxidação da superfície do aço quando este passa por aquecimento, resfriamento, tratamento de superfície e/ou ação do tempo (oxidação lenta sobre a superfície). As carepas são óxidos de ferro na forma de  $Fe^{2+}$  (FeO – wustita) e  $Fe^{3+}$  (  $Fe_2O_3$  – hematita).



Fonte: BRASIL E SANTOS, 2006

Figura 9: Esquema de um Aterro Classe II

#### 3.5.1.2.b – Aterro Industrial Classe II-B

O aterro classe II-B dispensa sistema de impermeabilização do solo – fundamental nos aterros classe I e II-A – visto que os resíduos destinados neste tipo de aterro são inertes e não há geração de chorume.

Um Aterro Classe II-B deve possuir os seguintes componentes:

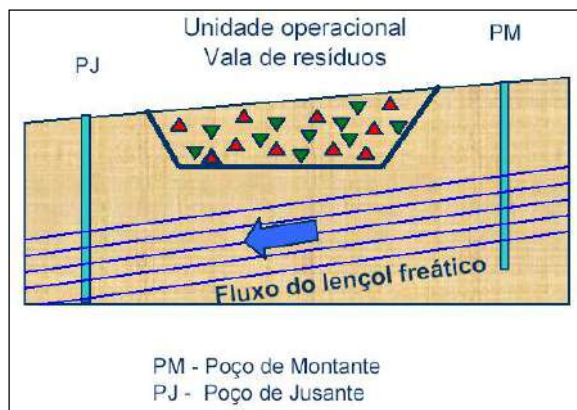
- Camadas de resíduos;
- Sistema de drenagem de águas pluviais.

#### 3.5.1.3 – Controle e Monitoramento do Aterro Industrial

O monitoramento dos elementos descritos a seguir tem como objetivo verificar se o aterro industrial está comportando a capacidade de operação para a qual foi dimensionado no projeto, e de detectar eventuais impactos diretos ou indiretos, temporários ou permanentes do empreendimento ao meio ambiente e/ou à saúde pública.

De acordo com o grupo Essencis Soluções Ambientais, os seguintes controles de monitoramento devem ser efetuados em uma planta de aterro industrial:

- Monitoramento das águas superficiais: compreende-se como monitoramento de águas de escoamento superficiais provenientes de áreas em que as mesmas poderiam ter tido contato com elementos contaminantes e/ou poluentes;
- Monitoramento das águas subterrâneas: O controle da qualidade do aquífero subterrâneo se dá através de poços de monitoramento a montante (poços localizados antes da célula de aterro) e a jusante (poços situados após a célula de aterro), conforme apresentado na Figura 10.



Fonte: Essencis Soluções Ambientais, 2007

Figura 10: Controle Ambiental das Águas Subterrâneas

- Monitoramento do efluente percolado: trata-se do monitoramento do chorume (ou percolado) do aterro. Chorume é o líquido proveniente do processo de decomposição da matéria orgânica presente na massa de resíduos sólidos sob a ação das águas que se precipitam sobre a mesma. O chorume é captado através de drenos e conduzido até a planta de tratamento, onde é monitorado continuamente. Os efluentes captados pela drenagem nos aterros são encaminhados para uma estação de tratamento físico-químico e/ou biológico, a fim de eliminar ou

reduzir seus poluentes para que possam ser lançados no corpo d'água receptor, atendendo, desta forma aos requisitos da legislação ambiental em vigor.

- Monitoramento dos gases: o gás gerado no aterro é coletado por drenos específicos e enviado para um “flare” do tipo fechado para redução (queima) dos componentes do gás com a finalidade de minimizar a emissão de eventuais odores e impactos na qualidade do ar.

O aterro localizado em Caieiras – SP – pertencente ao grupo Essencis realiza semestralmente o monitoramento dos gases em relação aos seguintes parâmetros:

- a) Material Particulado;
- b) SOx (expresso como SO<sub>2</sub>);
- c) NOx (expresso como NO<sub>2</sub>);
- d) HCl;
- e) HF;
- f) CO.

- Monitoramento geotécnico, o qual tem os seguintes objetivos principais:
  - a) Controlar o comportamento das obras de terra e do maciço de resíduos a fim de prever uma possível instabilidade, podendo provocar fenômenos como deslizamento;
  - b) Acompanhar a evolução do maciço de resíduos ao longo do tempo, associada a degradação da matéria orgânica e compactação estática dos resíduos a fim de manter em bom estado de funcionamento os diversos sistemas construídos sobre a cobertura, tais como a rede de drenagem de águas superficiais e a rede de coleta do gás gerado.

Um outro controle ambiental importante na operação de um aterro industrial é o cuidado no fechamento de suas células. Ao ser encerrado, o aterro recebe uma cobertura com geomembrana acompanhada de sistema de drenagem e uma camada final de solo de cobertura.

#### **3.5.1.4 – Legislação e Normas Federais Aplicáveis à Operação**

À operação de um aterro industrial, são pertinentes as seguintes leis e normas:

- **ABNT NBR 10004:2004** - Classificação de Resíduos Sólidos
- **ABNT NBR 10005:2004** - Lixiviação de Resíduos Sólidos
- **ABNT NBR 10006:2004** - Solubilização de Resíduos Sólidos
- **ABNT NBR 10007:2004** - Amostragem de Resíduos
- **ABNT NBR 10157** - Aterros de Resíduos Perigosos: estabelece os critérios para projeto, construção e operação do aterro
- **ABNT NBR 13896** - Aterros de Resíduos Não-Perigosos: estabelece os critérios para projeto, construção e operação do aterro
- **Resolução CONAMA 237/97**: dispõe sobre o Licenciamento Ambiental.

#### **3.5.1.5 – Vantagens e Desvantagens do Aterro Industrial**

O processo de disposição de resíduos sólidos industriais em aterro industrial apresenta as seguintes vantagens, de acordo com o Sistema FIRJAN (2006):

- Baixo custo em relação a outras opções de tratamento e disposição final, como incineração;
- Pode ser utilizado para uma grande variedade de resíduos.

No entanto, a tecnologia em questão apresenta as seguintes características desfavoráveis:

- Necessita de uma grande área física para construção e operação;
- Gera um passivo ambiental que necessita de monitoramento contínuo.

### **3.5.2 – Processos Térmicos**

Os processos térmicos são técnicas de tratamento de resíduos baseadas na aplicação de calor.

Os principais processos térmicos são os seguintes:

- Incineração;
- Co-Processamento;

#### **3.5.2.1 – Incineração**

Segundo Brasil e Santos (2004), a incineração pode ser definida como um processo de oxidação térmica efetuado a altas temperaturas – entre 900 e 1250°C com tempo de residência controlado - no qual ocorre a decomposição térmica da matéria orgânica presente no resíduo, transformando-a em uma fase sólida e uma gasosa. Com isso, é possível reduzir o volume, o peso e as características de periculosidade dos resíduos. O processo baseia-se em uma combustão controlada com o objetivo de degradar termicamente materiais residuais, permitindo a redução de volume, a qual é geralmente superior a 90% e em peso superior a 75%.

Seguindo e expandindo a conceituação definida por Lima (1991), é correto afirmar que: “Incineração é um processo de redução do peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e características de patogenicidade, através da combustão controlada”. Atualmente, deve-se ampliar esta definição, afirmando que a incineração é também um processo de reciclagem da energia liberada na



queima dos materiais, visando a produção de energia elétrica e de vapor, que pode ser imediatamente convertido em frio (cogeração) (CALDERONI, 1999).

#### **3.5.2.1.1 – Aplicação**

A incineração é utilizada para o tratamento de resíduos de alta periculosidade, ou que necessitam de destruição completa e segura, como por exemplo, ascaréis e medicamentos vencidos.

Brasil e Santos (2004) relatam que os materiais provenientes de processo industrial na forma de rejeitos (tais como resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCBs) e chumbo tetraetila (TEL), resíduos de serviço de saúde e produtos acabados que apresentem periculosidade conforme a Norma ABNT NBR 10004) são incinerados através de forno rotativo.

De acordo com informações obtidas através de contato com o Grupo Essencis Soluções Ambientais, são passíveis de incineração os seguintes materiais:

- resíduos sólidos, pastosos, líquidos e gasosos (aerossóis);
- 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.

Por outro lado, não podem ser incinerados os seguintes materiais:

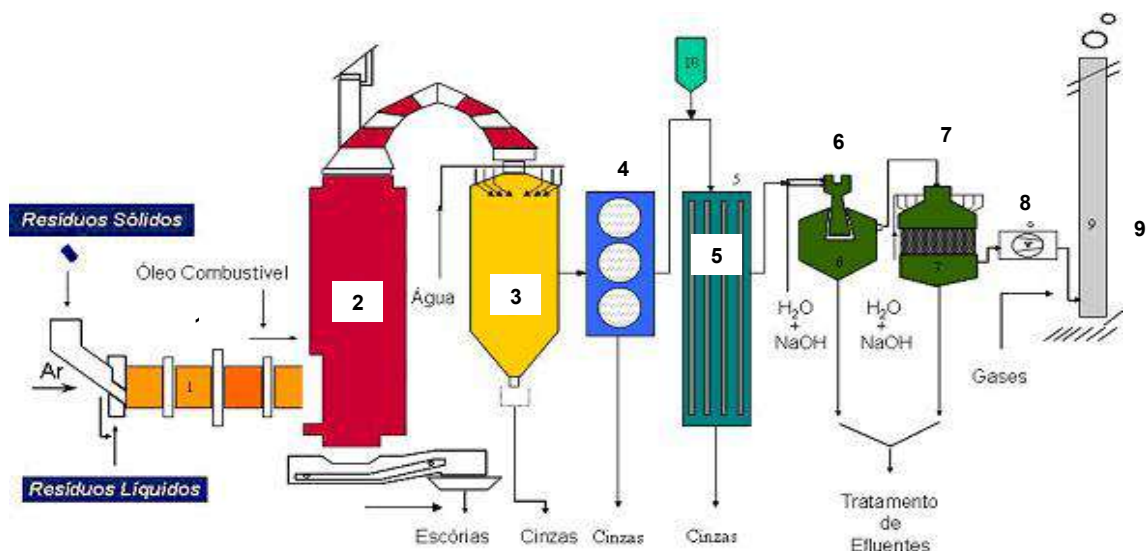
- radioativos;
- resíduos totalmente inorgânicos;
- resíduos hospitalares provenientes de centro cirúrgico.

De forma geral, todos os resíduos orgânicos (plástico, óleos, graxas, estopas, papel, madeira, tortas de filtro, couros, etc.) podem ser incinerados, pois são dotados de poder calorífico suficiente. No entanto, deve-se ter cuidado com a incineração de resíduos que contenham elementos contaminantes, como metais pesados, poluentes orgânicos e elementos ácidos, que exigem sistema de tratamento dos gases.

### 3.5.2.1.2 – Processo de Incineração

Existem, fundamentalmente, quatro tipos de incineradores, a saber: incinerador com forno rotativo, incinerador de câmaras fixas múltiplas, incinerador de leito fluidizado e incinerador de plasma.

No presente trabalho, será abordado o processo de incineração com forno rotativo, visto tratar-se do equipamento mais comumente utilizado na destruição térmica de resíduos sólidos industriais. Isto se deve à estrutura do forno, dotado de uma pequena inclinação e rotação, que induzem o transporte do resíduo através do forno e proporcionam a homogeneização dos resíduos a serem incinerados. A Figura 11 mostra um esquema simplificado da operação de incineração.



Fonte: Essencis Co-Processamento tda, 2007

Figura 11: Fluxograma Simplificado do Incinerador do Grupo Essencis.

No forno rotativo (1) - ou câmara de combustão primária - ocorre a combustão dos resíduos. O combustível tradicional (geralmente, óleo ou gás natural) é injetado no forno rotativo juntamente com o combustível alternativo ou auxiliar (resíduos sólidos e resíduos líquidos). No forno entra, também, ar de combustão (oxigênio).

O material segue, então, para a câmara de pós-combustão (CPC) (2), onde ocorre a geração de escórias, as quais seguem para aterro industrial. Na câmara de pós-combustão – também denominada de pós queimador – ocorre a destruição térmica dos compostos voláteis.

O material que sai da câmara de pós combustão segue para o quencher (3) e em seguida para o resfriador ar-ar (4). O quencher é um resfriador de gases que tem o objetivo de promover um resfriamento rápido do material a fim de garantir a manutenção da temperatura de operação fora da faixa de formação de dioxinas e furanos (aproximadamente entre 400 e 800 °C). As cinzas geradas nesta etapa de resfriamento são dispostas em aterro industrial.

O material resfriado passa por filtro de manga (5) com carvão ativo (10) a fim de proporcionar a retenção de material particulado.

Segue, então, para o lavador de Venturi (6), e em seguida para a Torre de Absorção (7). Ambos os equipamentos contêm solução alcalina de hidróxido de sódio a 10% (empregando  $H_2O$  e  $NaOH$ ), com o objetivo de neutralizar os ácidos gerados na combustão. Na verdade, o que ocorre no processo de incineração é a geração de íons fluoretos, cloretos, sulfetos, entre outros. Caso estes íons não sejam neutralizados, serão emitidas na saída do incinerador (chaminé). Ao entrarem em contato com a umidade do ar, poderão formar ácidos como  $HF$ ,  $HCl$  e  $H_2SO_4$ , sendo este o reponsável por danos causados pelo fenômeno de chuva ácida.

O efluente líquido gerado no processo de lavagem é encaminhado para uma estação de tratamento de efluentes (ETE) para posterior tratamento e retorno ao processo.

O material resultante da lavagem alcalina segue para o exaustor (8), onde é realizado o arraste dos gases pela planta.

Pela chaminé (9) ocorre a liberação dos gases oriundos da queima de resíduos, já neutralizados e monitorados on line com interrupção automática do processo em caso de não-conformidade.

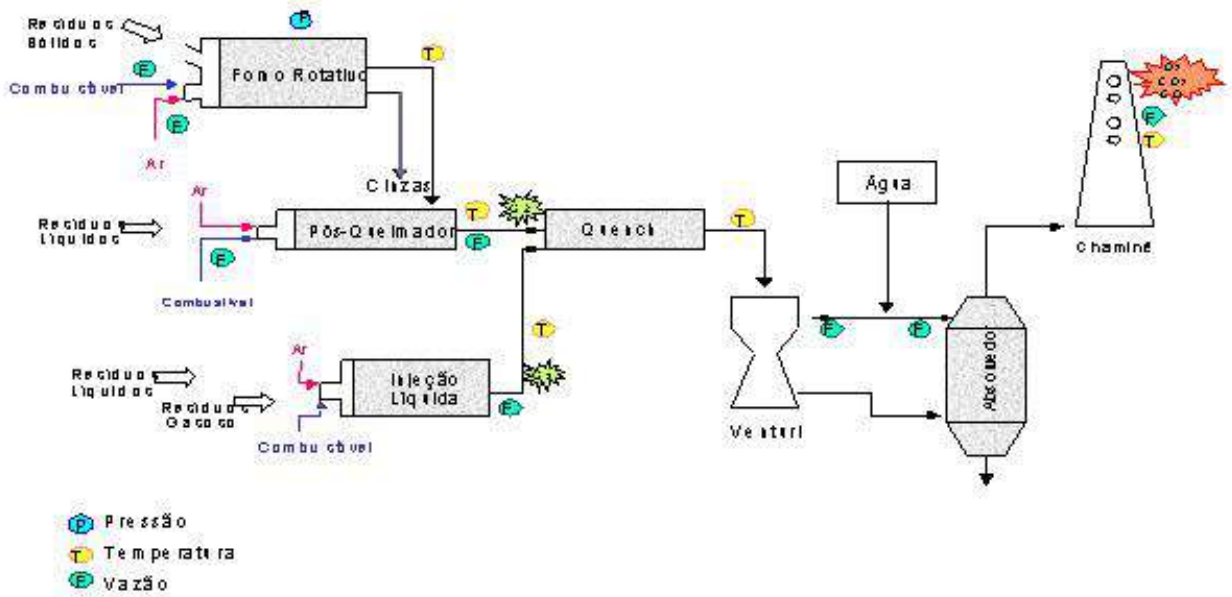
A seguir, é possível observar o incinerador pertencente ao grupo Essencis Soluções Ambientais, localizado na cidade de Taboão da Serra, no Estado de São Paulo e a representação equivalente dos equipamentos que compõem a planta do incinerador. Na Figura 12, pode-se notar a correspondência entre o fluxograma esquemático e uma planta de incineração.



Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

Figura 12: Incinerador Pertencente ao Grupo Essencis Soluções Ambientais, Localizado na Cidade de Taboão da Serra – SP.

### 3.5.2.1.3 – Controle do Processo de Incineração



Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

Figura 13: Fluxograma Esquemático do Controle do Processo de Incineração

Na operação de uma planta destinada á incineração de materiais é necessário realizar controles de medição e monitoramento de pressão, temperatura e vazão, conforme pode ser visto na Figura 13.

O combustível e o ar injetados no forno rotativo e no pós-queimador devem ser monitorados quanto à sua vazão de entrada.

Devem ser observadas, também, a pressão de operação do forno, assim como a temperatura de saída do mesmo.

É importante, também, estabelecer medições da temperatura, do teor de oxigênio e da vazão dos gases que entram no quencher.

Também são controladas a temperatura dos gases provenientes do quencher que entram no lavador de Venturi e a vazão da água que este

equipamento deve receber, assim como a vazão de água que o absorvedor recebe.

Os gases emitidos na saída da chaminé também são monitorados quanto à temperatura, vazão de emissão e teores de oxigênio, monóxido e dióxido de carbono emitidos para atmosfera. O controle da poluição do ar consiste na remoção do material particulado e na neutralização dos gases ácidos.

É importante que a emissão atmosférica de gases esteja em conformidade com os padrões de emissão estabelecidas na legislação, a fim de evitar a ocorrência de impactos ao meio ambiente.

O incinerador pode receber plástico do tipo PVC, o qual possui entre 40 e 80% de cloro em sua composição. O cloro, em um incinerador, pode formar diversos compostos, dentre os quais dioxinas e furanos, moléculas orgânicas muito tóxicas que possuem cloro em suas ligações. Para evitar a formação desses gases, é necessário um sistema de combustão com um eficiente controle das zonas e parâmetros de combustão, bem como um sistema de resfriamento e lavagem dos gases muito eficientes.

#### **3.5.2.1.4 - Monitoramento operacional e ambiental do processo**

O Sistema FIRJAN (2006) descreve que a incineração de componentes orgânicos provoca o aumento das concentrações de metais nas cinzas. Desta forma, em muitos casos, faz-se necessário a utilização de processos de estabilização ou inertização a fim de evitar a liberação de cinzas para o meio ambiente. É importante ressaltar que as sobras do processo de incineração – resíduos sólidos e líquidos resultantes - devem receber destinação adequada. As cinzas devem ter sua composição analisada para que seja determinado o melhor método de disposição. Na maioria dos casos, tais resíduos sólidos são dispostos em aterros industriais. Os efluentes líquidos são direcionados a uma estação de tratamento. Os gases provenientes da queima são tratados e monitorados em tempo real.

Segundo Brasil e Santos (2004) e o Sistema FIRJAN (2006), durante a operação do incinerador, é preciso realizar o monitoramento e controle operacional dos seguintes parâmetros de eficiência de combustão:

- temperatura – suficiente para garantir o fornecimento de energia,
- tempo de residência – suficiente para promover a absorção de energia,
- turbulência do forno rotativo – suficiente para assegurar a homogeneidade;
- teor de oxigênio presente no forno;
- composição das cinzas;
- emissões atmosféricas (tais como índices de CO, HCl HF, NOx, SOx, material particulado, dioxinas e furanos).

Com o avanço científico e tecnológico, foram sendo identificando diversos componentes poluentes e tóxicos contidos nos gases da incineração. À medida que esses compostos e seus efeitos nocivos eram descobertos, a legislação evoluía, exigindo reduções nessas emissões. Para atender a essas novas exigências, a indústria aprimorou o processo de combustão e criou sistemas de tratamento dos gases. Desta forma, têm-se hoje equipamentos incineradores bastante evoluídos, com altas eficiências de combustão e baixa emissão de poluentes, emitindo gases bem menos nocivos do que outras alternativas de destinação. No entanto, ao mesmo tempo em que há equipamentos de alta tecnologia, ainda são operados e comercializados equipamentos obsoletos, poluentes, e que representam risco à saúde e ao meio ambiente. (Luftech Soluções Ambientais, 2007).

Para melhor entendimento do processo de incineração, a empresa Luftech cedeu informações relevantes para desenvolvermos a seguinte abordagem para os principais gases de combustão e suas formas de controle.

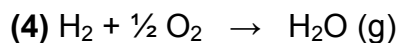
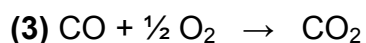
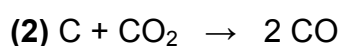
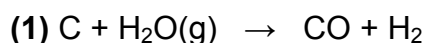
## **Monóxido de Carbono (CO):**

O monóxido de carbono é um gás muito tóxico, que é gerado por combustão incompleta, e, portanto, indica a qualidade de uma combustão.

O CO não pode ser eliminado por lavador de gases, por isso deve ser controlado na combustão. Através do controle do balanço estequiométrico (relação entre combustível e comburente, nesse caso CO e O<sub>2</sub>), o CO terá oxigênio em quantidades corretas inicialmente para sua formação na zona de gaseificação, e depois para sua oxidação completa. O tempo certo de residência e quantidades de O<sub>2</sub> no sistema permitirão que as reações ocorram completamente.

Desta forma, realiza-se, primeiramente, a gaseificação, formando o CO, que é nessa fase um importante combustível, e depois o queima nas câmaras de combustão (Câmara de Combustão Primária e Pós-combustão).

A existência de CO nas primeiras etapas é importante para não formar outros compostos indesejáveis, como o SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e as dioxinas. Isto deve-se à tendência que o oxigênio tem de se ligar ao carbono, tornando-o mais estável que os outros compostos citados anteriormente. A seguir é possível observar as reações envolvidas:



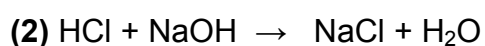
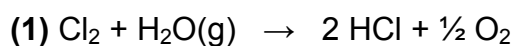
Nas reações 1 e 2 ocorre a oxidação do carbono, e, o resultado disso são as reações 3 e 4 onde se tem como produto gás carbônico e vapor de água. A partir dessas considerações pode-se observar que com o controle correto do monóxido de carbono na câmara de combustão os gases tóxicos que são gerados podem ser controlados e ficam dentro dos limites especificados nas normas brasileiras (Resolução CONAMA 316/2002).



### **Ácido Clorídrico (HCl):**

Quando se opera a baixas temperaturas, é favorecida a formação de cloro livre ( $\text{Cl}_2$ ), Caso haja cloro no resíduo, ocorre a formação de HCl (ácido clorídrico) no interior do reator de gaseificação a partir da reação do cloro com o hidrogênio. Assim, o incinerador opera a temperaturas suficientemente altas fazendo com que na presença de grandes concentrações de vapor de água o equilíbrio se desloque para formar o HCl, que, por ser ácido, segue para o lavador de gases onde é tratado com NaOH, originando NaCl.

A seguir é possível observar as reações envolvidas, onde a reação (1) ocorre a altas temperaturas, e a (2) no lavador de gases.

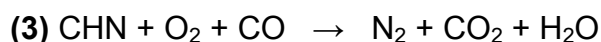
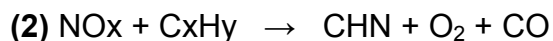
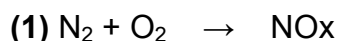


### **Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)**

Os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) podem estar presentes sob a forma de seis compostos estáveis e um instável. Para fins de análise das emissões atmosféricas de equipamentos de combustão apenas o óxido nítrico (NO) é considerado relevante. Este é formado nas regiões de alta temperatura do equipamento, na presença de nitrogênio e oxigênio. Já o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), além de ser encontrado na atmosfera, é também formado em regiões de baixa temperatura do equipamento, a partir do óxido nítrico. Os demais compostos do óxido ocorrem em concentrações de equilíbrio extremamente baixas.

Para evitar a formação de NO, a temperatura deve ser mantida controlada, e deve ser respeitada a seqüência de reações que ocorre dentro do equipamento, fazendo com que o nitrogênio seja liberado sob a forma de N<sub>2</sub>, da forma como se encontra naturalmente na atmosfera.

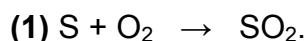
A seguir, é possível observar a seqüência ideal de reações que ocorrem com o nitrogênio, em temperaturas corretas e tempo de residência adequado.



### **Óxidos de Enxofre (SO<sub>x</sub>)**

O óxido de enxofre é um gás que é liberado em quase todos os processos de combustão e é encontrado em quase todo tipo de resíduo, na maioria em pequenas quantidades, sendo o principal causador da chuva ácida, que ataca prédios e árvores. O enxofre pode ser encontrado em concentrações maiores, por exemplo, na borracha, em inseticidas e fungicidas. Sendo assim, quando os resíduos possuem concentração elevada desse elemento há a necessidade de controlá-lo por meio de lavador de gases.

Com a queima do enxofre no incinerador, ocorre a formação do SO<sub>2</sub>.



No sistema de tratamento dos gases o SO<sub>2</sub> reage com a água formando o ácido sulfuroso, conforme a reação a seguir:



O ácido sulfuroso reage com hidróxido de sódio (NaOH) formando sais de enxofre. Por isso é importante manter o pH acima de 7, pois isso indica que a água possui caráter alcalino e poderá neutralizar o ácido.

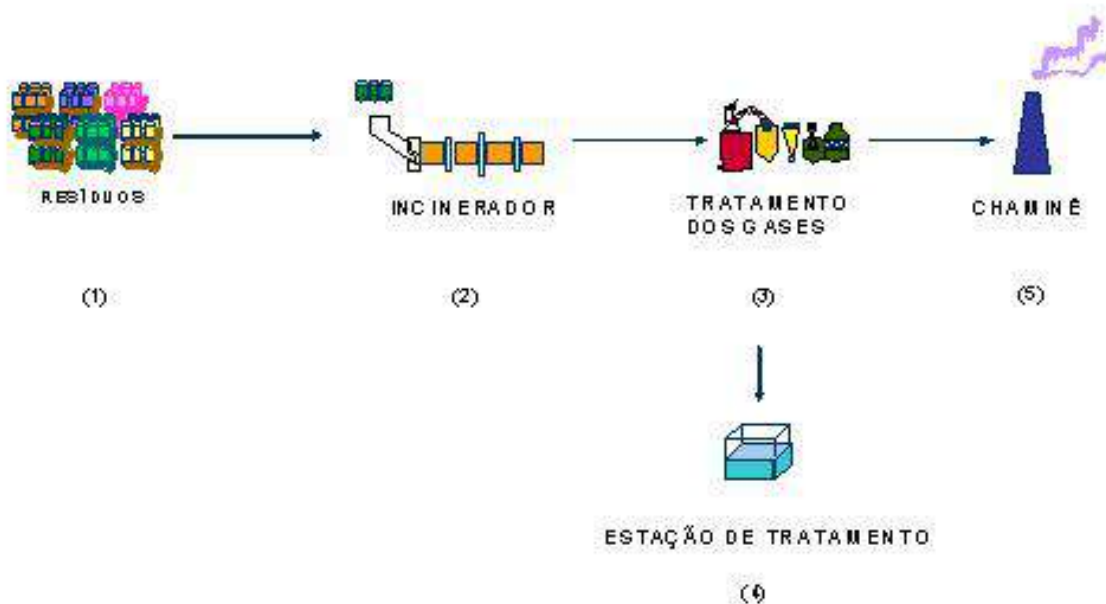
#### **3.5.2.1.5 – Legislação e Normas Federais Aplicáveis à Operação**

O processo de incineração de resíduos industriais é regulamentado pelos seguintes aspectos normativos:

- **Classificação de Resíduos (NBR 10.004);**
- **Resolução nº 316/2002 do CONAMA:** regulamenta o processo da incineração e seus limites de emissão. Permite incinerar Resíduos Urbanos, Hospitalares e Industriais.

- **Norma da ABNT NBR 11175:** trata da incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho para Incineradores.
- **Padrão de Emissão de Efluentes Aquosos (Dec.8468 – Art. 18 e19).**

O fluxograma apresentado na Figura 14 permite compreender melhor alguns aspectos relacionados com as diferentes do tratamento de resíduos através de incineração.



Fonte: Essencis Soluções Ambientais, 2007

Figura 14: Fluxograma do Processo de Incineração

### (1) Resíduos

Os resíduos a serem destinados à incineração devem ser avaliados de acordo com os seguintes parâmetros:

- Poder Calorífico Inferior (PCI<sup>8</sup>) – fornecimento de energia;

A decisão de utilizar a incineração como forma de tratamento de um determinado resíduo deve levar em consideração o poder calorífico inferior (PCI) do mesmo. O PCI indica a quantidade de energia útil que pode ser

<sup>8</sup> PCI: Poder Calorífico Inferior. PCS: Poder Calorífico Superior. A diferenciação entre o poder calorífico superior (PCS) e o inferior (PCI) resulta da consideração do estado final da mistura de gases de combustão e do vapor d'água que se forma na queima de substâncias hidrogenadas.

liberada durante a queima do resíduo. Quanto maior for o PCI, maior será o calor liberado no interior do incinerador, mais elevadas serão as temperaturas atingidas e a economia de combustível tradicional.

- Formação de cinzas;
- Geração de monóxido de carbono (CO) e material particulado;
- Umidade do material a ser incinerado;
- Composição do resíduo quanto aos teores de cloro, flúor e enxofre, elementos que, em elevada concentração, provocam danos aos equipamentos, como, por exemplo, o entupimento do forno;
- Viscosidade do material;
- Densidade do material;
- Presença de metais pesados no material a ser queimado.
- Estabilidade do resíduo a ser queimado – caráter explosivo, reativo ou instável.

## **(2) Incinerador**

De acordo com a norma da ABNT NBR 11.175, na operação de um incinerador devem ser respeitados os seguintes parâmetros de funcionamento:

- Temperatura média de queima na câmara de combustão: 1000 °C
- Tempo de residência médio dos sólidos no forno rotativo: 30 min
- Temperatura média de queima na câmara de pós-combustão: 1200 °C
- Tempo de residência médio do gás de combustão: 2 s a 1200°C
- Teor de O<sub>2</sub> na chaminé: 7%

### **(3) Tratamento dos gases**

Os gases oriundos da combustão devem receber tratamento adequado a fim de garantir a manutenção do controle das emissões para atmosfera.

É empregada uma lavagem alcalina com o objetivo de neutralizar os gases ácidos (HF, SO<sub>x</sub>) e uma lavagem a base de amônia ou uréia a fim de neutralizar o óxido de nitrogênio (NO) formado.

### **(4) Estação de Tratamento**

Os efluentes líquidos gerados no processo de incineração são destinados à estação de tratamento de efluentes (ETE).

De acordo com o Decreto 8468 – Art. 18 e 19, é preciso observar as seguintes características físico-químicas do efluente a ser tratado em uma ETE: temperatura, pH, DBO<sup>9</sup> e composição.

### **(5) Chaminé**

Segundo a norma ABNT NBR 11.175, devem ser respeitados os seguintes limites máximos de emissão na chaminé:

- HCl: 1.8 Kg/h ou 99% de remoção
- HF: 5 mg/Nm<sup>3</sup>
- CO: 100 ppm a 7% de O<sub>2</sub> ( < 500 ppm com duração < 10min)
- Material particulado total: 70 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metais - Classe I (Cd, Hg, Tl): 0,28 mg/Nm<sup>3</sup>;
- Classe II-A (As, Co, Ni, Se, Te): 1,40 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Classe II-B (Sb, Pb, Cr, Cn, F, Cu, Mn, Pt, Pd, Rh, V, Sn): 7,0 mg/Nm<sup>3</sup>

---

<sup>9</sup> DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

- SOx ( medido como SO<sub>2</sub>): 280mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub>
- NOx (medido como NO<sub>2</sub>): 560mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub>
- Dioxinas e furanos: 0,14 mg/Nm<sup>3</sup> (capacidade do incinerador de 200 a 1.500 Kg/dia)

#### **3.5.2.1.6 – Vantagens e Desvantagens do Processo de Incineração**

De acordo com informações obtidas pelo Grupo Essencis Soluções Ambientais, a destinação térmica dos resíduos através do processo de incineração apresenta as seguintes características que a diferenciam das demais tecnologias:

- Destruição total da parcela orgânica dos resíduos;
- Controle das emissões atmosféricas;
- Monitoramento on-line (isto é, em tempo real) de todo o processo.

Em contrapartida, o Sistema FIRJAN (2006) aponta possui alguns pontos desfavoráveis à utilização desta tecnologia, tais como:

- Geração de emissões atmosféricas, as quais devem ser controladas por monitoramento;
- Geração de novos resíduos perigosos, tais como cinzas e escórias, as quais devem ser corretamente dispostas de acordo com a sua composição.

#### **3.5.2.1.7 – A Incineração com Aproveitamento de Energia Térmica**

A incineração ainda é vista pela sociedade como desperdício de recursos. No entanto, segundo GABAI (2004), a incineração como geração de energia elétrica contribui para a economia de combustíveis não renováveis, na medida em que boa parte orgânica presente nos resíduos é oriundo de fonte não renovável, substituindo a utilização de parte dos combustíveis fósseis.

A incineração responsável, com aproveitamento de energia, processa resíduos que representam algum tipo de risco ambiental ou epidemiológico, que, portanto não são recicláveis.

Uma solução para tratar o acúmulo de resíduos produzidos em decorrência da geração contínua e cumulativa dos mesmos baseia-se na utilização da incineração aliada ao reaproveitamento da energia térmica liberada no processo. A energia gerada pode ser aproveitada dentro da própria indústria, para realizar o aquecimento de água (consumo industrial, em caldeiras) ou geração de vapor. É possível, também, reaproveitar os resíduos de cinza, utilizando-os na construção civil.

Desta forma, o crescimento da recuperação e reciclagem de energia gerada associada à incineração passa a ser viável tanto do ponto de vista da preservação do meio ambiente quanto da redução de custos, visto que promove a eliminação de resíduos sólidos que seriam depositados em aterros sanitários, além de minimizar a emissão de gases a alta temperatura para a atmosfera e gerar energia limpa.

Segundo Menezes e Gerlach (2000), A tecnologia atualmente disponível de projeto de incineradores pode prever a geração de até 0,95 kWh/t processada, sendo que esta dependerá diretamente do poder calorífico do resíduo tratado.

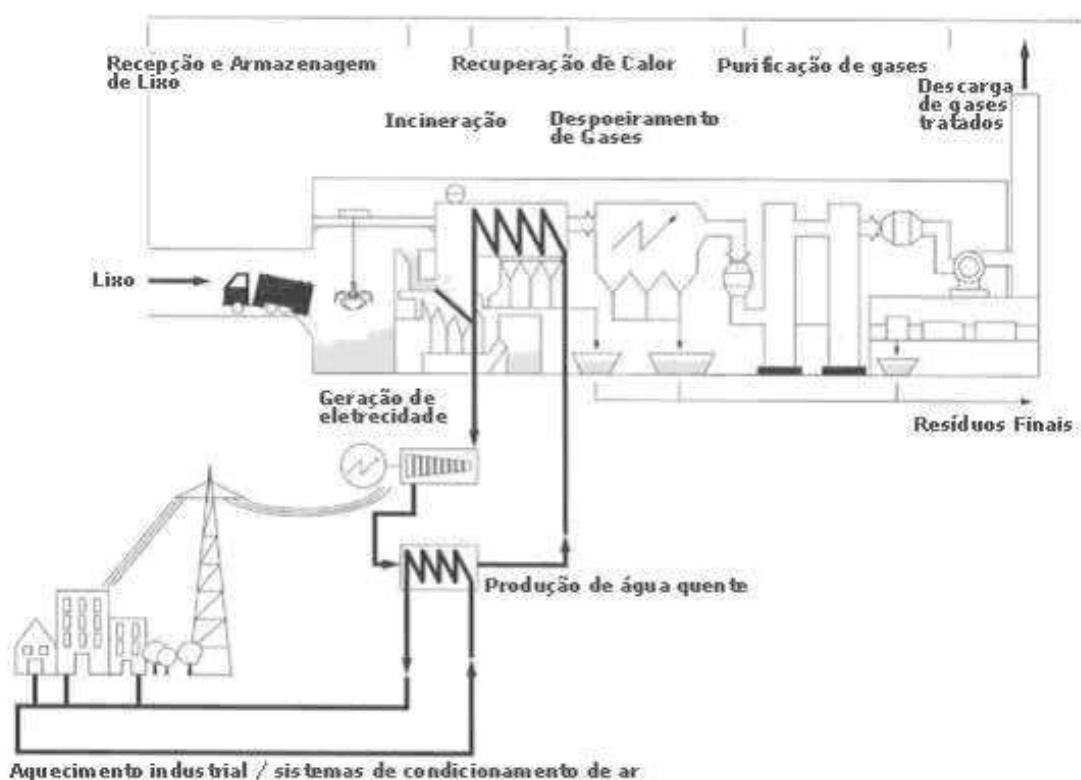
Como exemplo, tem-se na Tabela 4 a descrição de algumas plantas e suas capacidades instaladas de processamento e geração de energia.

Tabela 4: Plantas Internacionais de Incineração

Localização	Capacidade de tratamento (t/dia)	Produção de energia bruta (MW)
Tsurumi, Japão	600	12
Tomida, Nagoya, Japão	450	6
Dickerson, Maryland, USA	1.800	63
Alexandria, Virginia, USA	975	22
Isvag, Antuérpia, Bélgica	440	14
Savannah, USA	690	12
Izmit, Turquia	96	4
UIOM Emmenspitz, Suíça	720	10
Wells, Áustria	190	7

Fonte: Menezes e Gerlach (2000)

A seguir é apresentado um fluxograma típico de uma planta de incineração com geração de energia.



Fonte: Menezes e Gerlach (2000)

Figura 15: Planta de um Incinerador Associado à Geração de Energia



Segundo Menezes e Gerlach (2000), a experiência atual indicaria que a geração de energia elétrica torna-se rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo desta capacidade a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria planta.

### **3.5.2.2 – Co-processamento**

Segundo Brasil e Santos (2004), o co-processamento consiste na destruição de resíduos industriais através de fornos de cimento. Sua característica diferencial em comparação às demais técnicas consiste no aproveitamento do resíduo como potencial energético e de substituição de matéria-prima na indústria de fabricação de cimento.

O co-processamento opera em temperaturas que variam de 1.000 a 2.000°C em fornos de fabricação de clínquer (principal matéria-prima do cimento), com aproveitamento energético e/ou fração mineral, sem a geração de novos resíduos e contribuindo para a economia de combustíveis e matérias-primas minerais não-renováveis (Essencis, 2007).

Assim, o co-processamento consiste na destruição térmica de resíduos industriais em fornos de cimento com o objetivo de valorização dos resíduos como substituintes de energia (recuperação energética do resíduo como um combustível alternativo em substituição parcial ao combustível fóssil não renovável utilizado na produção de clínquer) ou de matéria-prima (em substituição à argila).

Para que os resíduos sejam introduzidos nos fornos de clínquer, estes devem ser submetidos a pré-tratamentos específicos que garantam que as características do resíduos se mantenham constantes e não venham a ocasionar efeitos nocivos ao cimento produzido ou ao meio ambiente. No Brasil existem empresas que se dedicam a este tipo de serviço, e fazem o elo de ligação entre o gerador de resíduos e a cimenteira (Menezes e Gerlach, 2000).

### **3.5.2.2.1 – Aplicação**

As empresas receptoras de resíduos estabelecem severas limitações em relação aos resíduos aceitos para serem co-processados, em virtude da realização do rígido controle das emissões dos fornos de cimento, além da necessidade de garantir a manutenção das características técnicas do cimento produzido.

Segundo Brasil e Santos (2004), são passíveis de co-processamento resíduos líquidos, sólidos e pastosos.

De acordo com a Resolução Conama nº 264/99, entre os materiais que são passíveis de serem co-processados estão os resíduos sólidos, líquidos e pastosos provenientes das seguintes atividades industriais: petroquímica, química, montadoras, autopeças, eletroeletrônica, siderurgia, metalurgia, metal-mecânica, celulose e papel, entre outros de elevado poder calorífico superior (PCS), como borras oleosas, graxas, lodos de estação de tratamento de efluentes (ETE), borras ácidas, catalisadores usados, pneus, emborrachados, além de outros materiais, tais como areias, terras, equipamentos de proteção individuais (EPIs), solventes, serragens, papéis e embalagens.

A ABIQUIM fornece os seguintes exemplos de resíduos que podem ser tratados por co-processamento: resíduos com frações de óleos, resíduos de tintas e solventes, borras e lodos de estação de tratamento de efluentes, embalagens contaminadas, resíduos da produção de resinas e plásticos, elementos filtrantes, EPI's contaminados, resíduos com traços de produtos químicos, solo contaminado, madeiras e papel.

Como os resíduos apresentam características e composições bastante diversificadas, para se obter uma alimentação que atenda às especificações dos fornos de cimento é necessário que os resíduos sejam blendados (misturados).

O processo de blendagem de resíduos consiste em adequar física e quimicamente os resíduos gerados para atender as especificações de alimentação em forno de cimento.

De acordo com Brasil e Santos (2004), resíduos organoclorados, organofosforados, radioativos, explosivos, hospitalares, domiciliares ou urbanos brutos (isto é, não classificados), agrotóxicos, pesticidas e ascaréis são restritos ao processo, isto é, não podem ser co-processados. Esta determinação prevista na Resolução Conama nº 264/99 visa prevenir danos e riscos à saúde pública e ao meio ambiente, além de atender aos padrões de emissão fixados nesta lei federal.

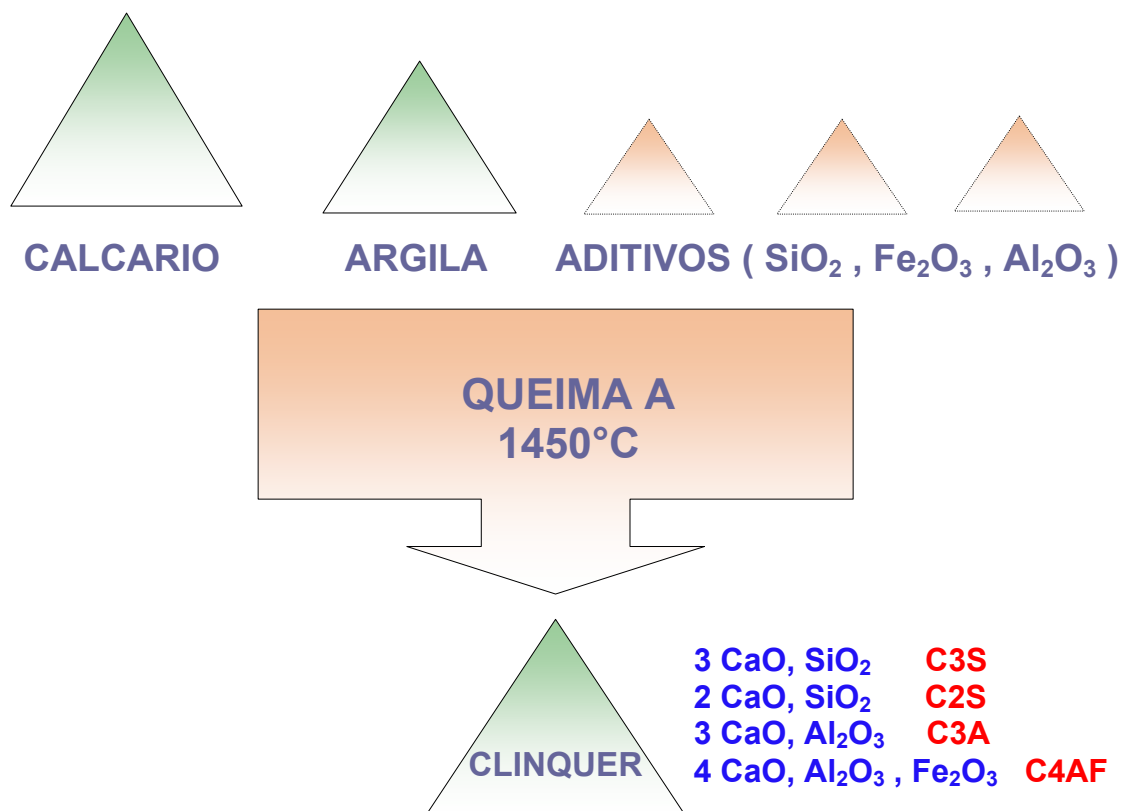
#### **3.5.2.2.2 – Processo de Co-Processamento**

A empresa Essencis Co-Processamento forneceu informações relativas à operação de co-processamento.

O cimento é um material existente na forma de um pó fino, com dimensões médias da ordem dos 50  $\mu\text{m}$ , que resulta da mistura de clínquer com outros materiais, tais como o gesso, pozolanas, ou escórias siliciosas, em quantidades que dependem do tipo de aplicação e das características procuradas para o cimento. O clínquer, o principal constituinte do cimento, é produzido por transformação térmica a elevada temperatura em fornos apropriados, de uma mistura de material rochoso contendo aproximadamente 80% de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), 15% de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), 3% de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e quantidades menores de outros constituintes, como o ferro, o enxofre, etc. Estes materiais são normalmente escavados em pedreiras de calcário localizadas nas proximidades dos fornos de produção do clínquer.

A matéria prima é misturada e moída finamente, e submetida a um processo de aquecimento que leva à produção final do clínquer.

A Figura 16 representa, de forma bastante simplificada, o processo de fabricação do clínquer:



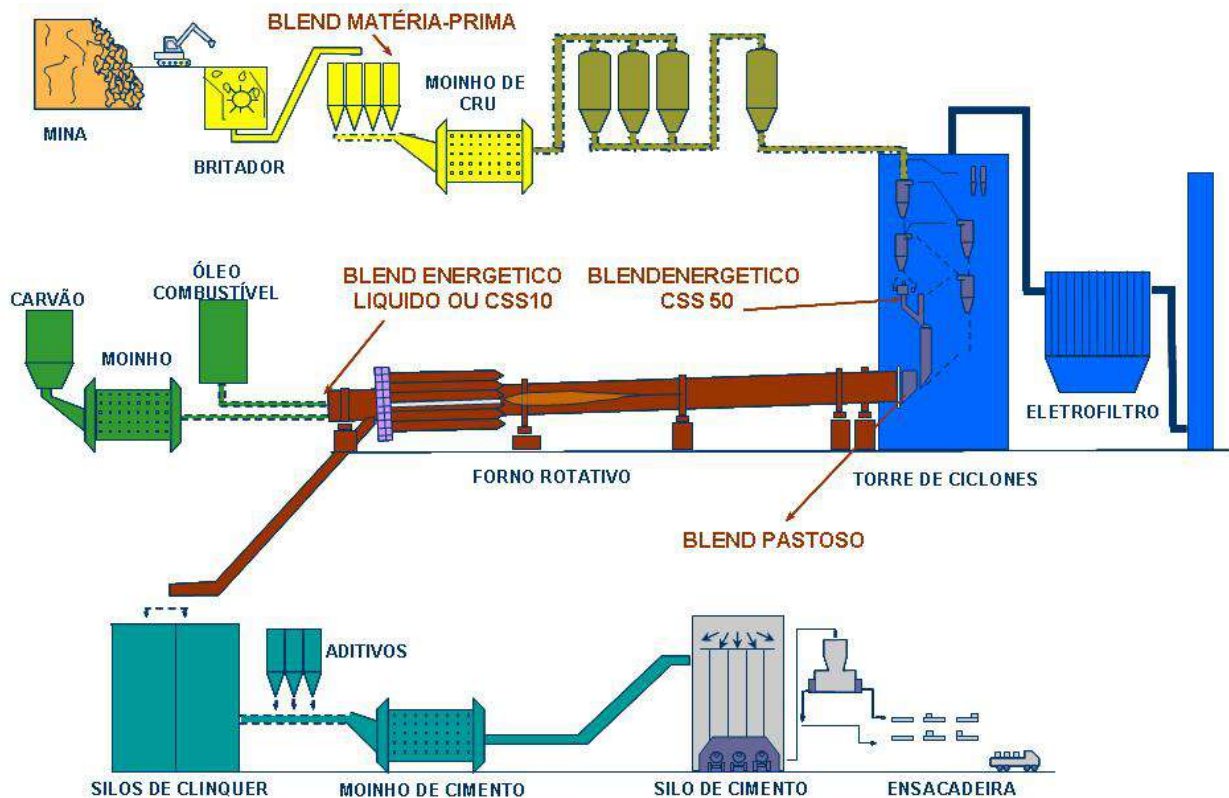
Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

Figura 16: Processo Simplificado da Fabricação do Clínquer

Entre temperaturas de 500-900°C procede-se à descarbonatação do material calcário, com produção de óxido de cálcio (CaO) e liberação de CO<sub>2</sub> gasoso. Na faixa de temperatura entre 850 e os 1250°C ocorre a sinterização, reação entre o óxido de cálcio e as substâncias silico-aluminosas, com a formação do produto final, o clínquer, constituído por silicatos di-cálcicos (2CaO.SiO<sub>2</sub>), aluminatos tri-cálcicos (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e ferro-aluminatos tetra cálcicos (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

A temperatura na zona perto da saída do clínquer pode atingir os 2000°C, na chama do queimador.

O fluxograma de produção do clínquer e os pontos de aplicação de combustível e matéria-prima aparecem na Figura 17.



Fonte: Essencis Co-processamento, 2007

Figura 17: Configuração do Forno Associado ao Co-processamento

Existem dois tipos principais de instalações de produção de clínquer: por via úmida e por via seca. Nas unidades por via úmida a matéria prima é moída juntamente com água sendo fornecida ao forno na forma de lama ou pasta. Os fornos de via seca não usam água para moer a matéria prima, sendo esta fornecida ao forno na forma de um pó fino, a farinha crua. Como são pouquíssimas as fábricas que funcionam por via úmida, iremos nos referir somente ao processo por via seca.

Nos sistemas por via seca a matéria prima, proveniente normalmente de pedreiras locais, passa pela primeira britagem e é misturada com outros materiais, como areia, minério de ferro, argila, alumina, cinzas de centrais térmicas, etc., de modo a obter uma composição que atenda as especificações para a produção de clínquer. A matéria prima é, em seguida, moída finamente em um moinho de cru. Em muitos processos os próprios gases de combustão servem para separar e arrastar o material já moído, a

farinha, conduzindo-o para sistemas de separação e despoeiramento, sendo os gases expelidos para o exterior e a matéria-prima conduzida ao forno para tratamento térmico.

O clínquer é, normalmente, armazenado em depósitos de grandes dimensões e posteriormente moído em moinhos de bolas, onde se juntam os aditivos, como o gesso e outros, formando os diversos tipos de cimentos.

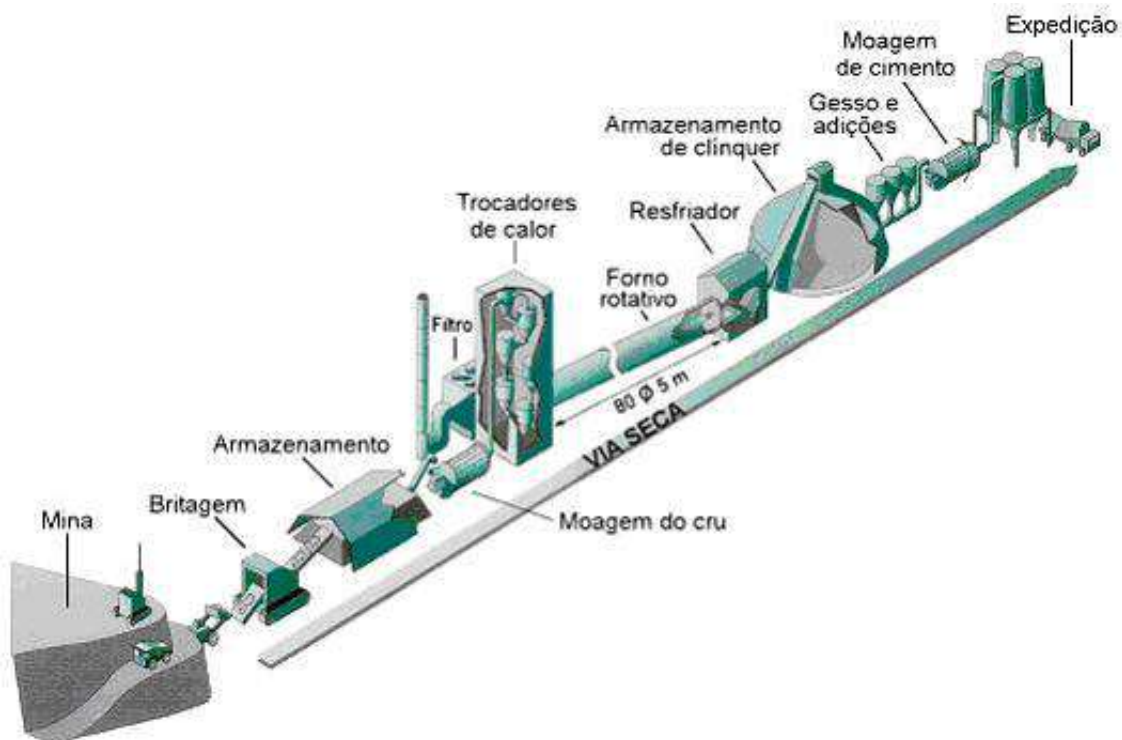
A energia necessária à secagem, calcinação e sinterização do clínquer, ou clinquerização, é obtida pela queima de uma variedade de combustíveis, como o carvão mineral e o coque de petróleo. Outros combustíveis também usados na Europa são o gás natural e combustíveis alternativos como pneus usados, resíduos de madeira etc. Uma fração importante da energia térmica libertada na combustão é utilizada para a descarbonatação do calcário, a qual é uma reação endotérmica. Assim uma tonelada de clínquer necessita de um mínimo de 1700-1800 MJ.

No forno rotativo principal existem, portanto, pelo menos, duas zonas, uma inicial de calcinação e outra final de clinquerização. Os gases resultantes da combustão têm nestes fornos, tempos de residência de 4-6 segundos a temperaturas acima dos 1200°C, saindo pela chaminé com valores da ordem dos 150-250°C.

Os gases passam por uma série de ciclones e, em seguida, por um filtro de mangas para eliminação de material particulado antes de serem emitidos para atmosfera.

Para evitar fugas de material e produtos de combustão ao longo do sistema, toda a linha funciona em subpressão, sendo o movimento dos fluidos gasosos efetuado pelo vácuo gerado por ventiladores colocados na parte inicial da linha, imediatamente antes da chaminé.

A seguir, é possível visualizar os equipamentos instalados em uma planta de co-processamento.



Fonte: Essencis Co-processamento, 2007

Figura 18: Planta de Co-processamento

Os fornos de cimento reúnem algumas características que os recomendam como possíveis instalações para a eliminação de resíduos perigosos, principalmente se esses resíduos forem combustíveis e puderem ser destruídos por reação com o oxigênio atmosférico. Dado o seu caráter perigoso a queima destes resíduos tem de ser realizada de modo que a sua remoção e destruição (DRE- Destruction and Removal Efficiency) seja elevada. Usualmente as Normas para o tratamento térmico de resíduos perigosos impõem DRE melhores que 99,99% (ou 99,9999% para dioxinas/furanos).

Os gases no forno de clínquer atingem temperaturas máximas de 2000 °C no queimador principal e permanecem a temperaturas acima dos 1200 °C por períodos de 4-6 segundos. Por sua vez o clínquer sai do forno a temperaturas na ordem dos 1450°C. Estas temperaturas são as mais elevadas encontradas em qualquer processo industrial e o tempo de residência dos gases a alta temperatura é também bastante superior ao conseguido em outros processos de combustão alternativos, como a incineração. Portanto, um forno

de clínquer é um local com condições ótimas para uma queima ou destruição eficaz de qualquer resíduo orgânico que se possa oxidar/decompor com a temperatura.

Devido à quantidade elevada de matéria prima existente no interior do forno, este tem uma inércia térmica superior ao de muitas outras instalações industriais a alta temperatura. Nos fornos de cimento as variações de temperatura são lentas e mais facilmente controláveis. Esta característica é vantajosa quando se queimam substâncias com composição e poder calorífico variável como são os resíduos industriais.

É necessário tomar algumas precauções em relação ao modo como o material é adicionado ao forno. O ponto de alimentação de resíduos no forno varia de acordo com a granulometria do material a ser queimado.

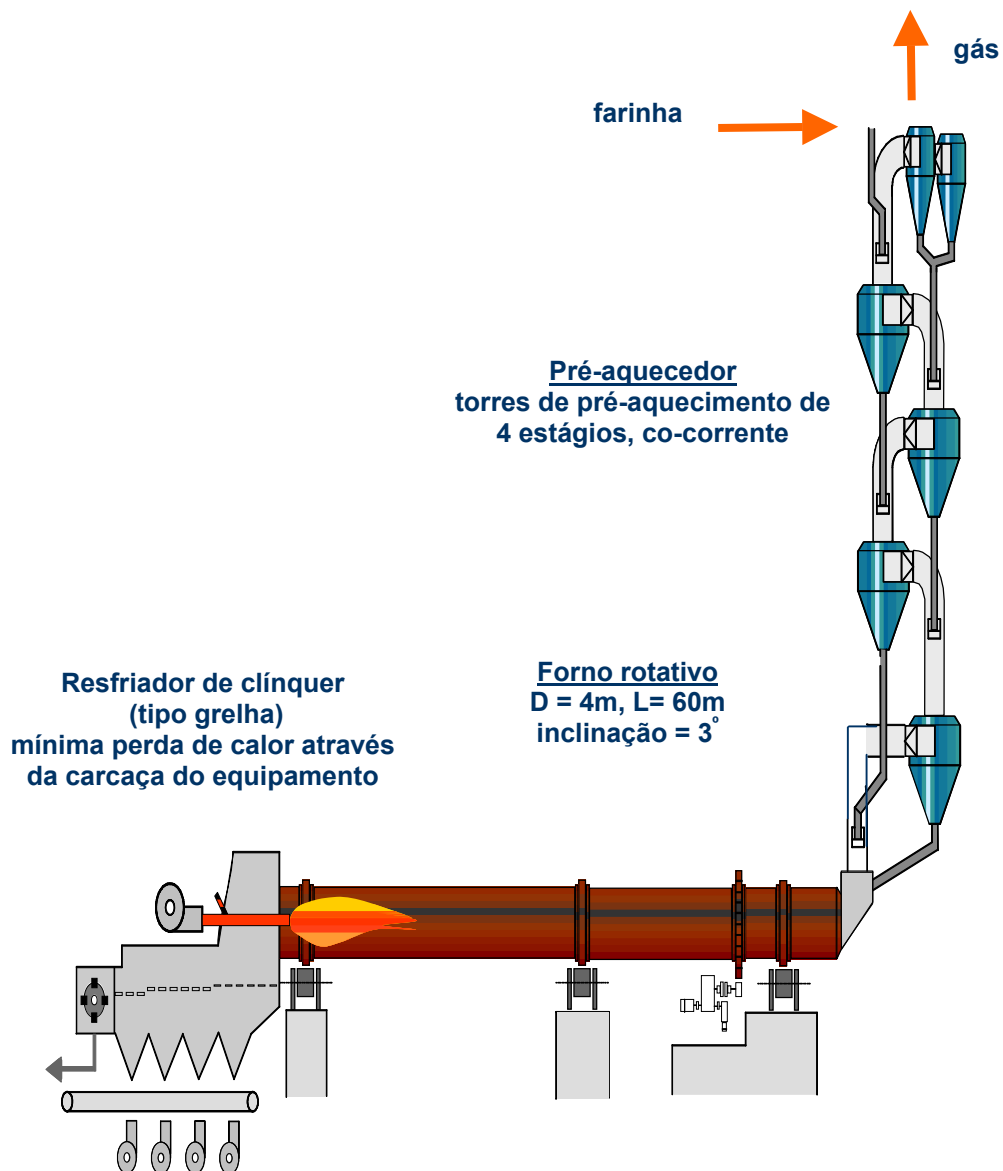
Materiais finos, como o blend CSS 10 (Combustível Sólido de Substituição com 10 mm de granulometria) e líquidos energéticos podem ser introduzidos no maçarico (na entrada do forno) visto que, por serem materiais mais finos e com alto poder de queima, não necessitam de uma atmosfera muito rica em oxigênio (já que neste ponto, o oxigênio está sendo em grande parte utilizado para suprir a queima) para entrarem em combustão. A queima nesta região é rápida (curto tempo de residência).

Materiais mais grosseiros, como o blend CSS 50 (Combustível Sólido de Substituição com 50 mm de granulometria) e líquidos energéticos sem energia devem ser introduzidos no pré-calcinador e no pré-aquecedor, porque nestas condições a temperatura e o tempo de residência são maximizados, além do que o material mais denso inibe o arraste pela exaustão.

Os resíduos devem chegar à unidade fabril com uma composição conhecida e com uma uniformidade em composição e granulometria específica.

A operação simplificada de um forno de produção de cimento aparece na Figura 19.





Fonte: Essencis Co-processamento Ltda, 2007

Figura 19: Operação de um Forno de Cimento

### 3.5.2.2.3 – Controle do Processo de Co-processamento

#### Co-processamento de resíduo como substituto de matéria-prima:

- O resíduo deve apresentar características similares às matérias primas empregadas na produção de clínquer, incluindo neste caso os materiais mineralizadores ou fundentes;

- A presença de mineralizadores (Zn, F, Ba e Fosfatos) facilita as reações de clinquerização.

Co-processamento de resíduo como substituto de combustível:

- O resíduo deverá comprovar ganho energético para o processo;
- O “blending” deve possuir poder calorífico inferior superior a 1700 kcal/kg para cada componente da mistura;
- A alimentação do resíduo deve ocorrer, preferencialmente, na extremidade quente do forno rotativo (zona de combustão primária) - temperatura dos gases 2000°C;
- Existe possibilidade de alimentação em outro ponto do sistema, em função da composição físico-química do resíduo (zona de combustão secundária (850°C a 1200°C);

#### **3.5.2.2.4 – Monitoramento Ambiental e Operacional do Processo**

Segundo relato de Brasil e Santos (2004), a destruição dos resíduos no processo de co-processamento é completa, devido às altas temperaturas empregadas.

Desta forma, não ocorre a geração de cinzas, visto que todo material oriundo da queima é incorporado à matriz do *clínquer* (produto final da queima), descartando a necessidade de disposição em aterro industrial.

Brasil e Santos (2004) descrevem que os gases gerados durante a queima recebem tratamento mediante o emprego de filtros eletrostáticos e torre de arrefecimento, nos quais são monitorados continuamente.

É importante ressaltar que os fornos de cimento são dotados de mecanismos de controle da poluição atmosférica a fim de minimizar a emissão de material particulado e gases NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> para atmosfera.

De acordo com o Sistema FIRJAN (2006), a operação de co-processamento de resíduos deve contar com os seguintes monitoramentos:

- Temperatura de queima
- Tempo de residência
- Teor de oxigênio;
- Emissões atmosféricas.

O tempo de residência e a temperatura do forno de cimento (normalmente entre 1400 e 1500°C) são adequados para destruir termicamente a matéria orgânica dos resíduos.

A seguir, descrevemos quais os monitoramentos devem ser efetuados de forma contínua e não contínua em um forno de fabricação de clínquer:

#### Monitoramento Ambiental Contínuo

- Pressão interna e temperatura dos gases do forno e na entrada do precipitador eletrostático;
- vazão de alimentação do resíduo;
- material particulado (através de opacímetro);
- Teores de O<sub>2</sub>; CO; NO<sub>x</sub> e hidrocarbonetos totais (THC) na chaminé.

#### Monitoramento Ambiental Não-Contínuo

- Chaminé: material particulado; SO<sub>x</sub>; NO<sub>x</sub>; HCl/Cl<sub>2</sub>; HF; CO e elementos e substâncias inorgânicas (metais);
- Monitoramento de quaisquer outros poluentes, a exemplo de dioxinas e furanos, pode ser fixado pelo órgão ambiental competente;
- Particulado retido no precipitador eletrostático e no clínquer produzido: análise quanto a presença de metais;
- Características dos resíduos fundamentada na análise de elementos e substâncias inorgânicas, enxofre, flúor, série nitrogenada e cloro;

### 3.5.2.2.5 – Legislação e Normas Federais Aplicáveis à Operação

O co-processamento de resíduos industriais é regulamentado pelos seguintes aspectos normativos:

- **Resolução CONAMA n° 264/99** - dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividade de Co-processamento de resíduos, excetuando-se os resíduos domiciliares brutos, resíduos de serviço de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins.
- **Resolução CONAMA n° 316/2002** - dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos;

A seguir, tem-se uma breve descrição dos Limites Máximos de Emissão para Co-processamento para os seguintes poluentes:

- HCl: 1.8 Kg/h ou 99% de remoção
- HF: 5 mg/Nm<sup>3</sup> a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- CO: 100 ppm a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- Material particulado: 0,15 kg/t farinha seca
- THC (expresso como propano): 20 ppmv, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- Mercúrio (Hg): 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- Chumbo (Pb): 0,35 mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- Cádmio (Cd): 0,10 mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- Tálcio (Tl): 0,10 mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- (As+Be+Co+Ni+Se+Te): 1,4 mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)
- (As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn): 7,0mg/Nm<sup>3</sup>, corrigido a 7% de O<sub>2</sub> (base seca)

### **3.5.2.2.6 – Vantagens e Desvantagens do Co-processamento**

De acordo com o grupo Essencis, o co-processamento apresenta como principal vantagem técnica a redução do consumo de combustíveis nobres, via recuperação do conteúdo energético dos resíduos, proporcionando a racionalização dos recursos naturais não-renováveis.

O coprocessamento em cimenteiras apresenta vantagens competitivas em relação às demais tecnologias, como por exemplo:

- Elevado índice de destruição: total destruição dos orgânicos e incorporação e fixação dos metais no produto final (matriz do clínquer).
- Dupla valorização de resíduos orgânicos e minerais;
- Redução das emissões globais de CO<sub>2</sub> para atmosfera.
- O co-processamento é ambientalmente correto, visto que agrega valor e destrói totalmente grandes volumes e tipos de resíduos, isto é, sem gerar sub-produtos (cinzas) nem dioxinas ou furanos (ao contrário do processo de incineração).

No co-processamento não ocorre a geração de cinzas, pois toda matéria queimada é incorporada ao produto final.

Segundo informações fornecidas pelo grupo Essencis Co-processamento Ltda, a técnica de co-processamento permite assegurar um desenvolvimento sustentável, através da consolidação de alguns pontos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Desenvolvimento Sustentável

Ponto	Ação
<b>Geração de Valor</b>	Valorização das qualidades dos resíduos
<b>Responsabilidade Social</b>	Destinação adequada dos resíduos
<b>Desempenho Ambiental</b>	Redução do consumo de recursos não-renováveis
<b>Atendimento às leis e normas</b>	Destinação correta e rastreabilidade do processo

Fonte: Essencis Soluções Ambientais, 2007.

O Sistema FIRJAN (2006) aponta como desvantagens do processo os seguintes aspectos:

- Necessidade de controle de emissões atmosféricas
- Alguns resíduos perigosos não podem ser co-processados em função da sua composição
- De acordo com a Resolução CONAMA 264/99, é proibida a destinação via co-processamento dos resíduos “domiciliares brutos, os resíduos de serviço de saúde, os radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins”.

### 3.5.2.3 – Outras Tecnologias

Durante a pesquisa na literatura por tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos, foram encontradas algumas técnicas além das descritas anteriormente. As mesmas serão apresentadas sucintamente a seguir, visto que não foram identificadas no universo de empresas determinado como foco do presente trabalho.

### **3.5.2.3.1 – Pirólise**

De acordo com o Sistema FIRJAN (2006), a pirólise é um processo térmico que consiste na decomposição química do resíduo orgânico por calor na ausência de oxigênio. Os resíduos selecionados devem ser triturados e enviados a um reator pirolítico, no qual os compostos orgânicos são volatilizados e parcialmente decompostos.

Apesar de ser um processo auto-sustentável energeticamente – visto que o seu balanço energético é positivo, isto é, produz mais energia do que consome – é necessário que os resíduos sejam aquecidos inicialmente utilizando eletricidade, em virtude da falta de oxigênio.

A pirólise é um processo muito eficiente de destinação final de resíduos sólidos. No entanto, por ainda apresentar elevados custos operacionais, necessita de maior aprimoramento tecnológico. A vantagem desse processo é a limitação da produção de material particulado.

### **3.5.2.3.2 – Plasma**

A tecnologia do plasma é denominada por alguns escritores como “reator a plasma” ou “incinerador de plasma”, visto que constitui-se em uma técnica de destruição térmica.

O tratamento por plasma permite, além da destruição térmica, a fusão, a inertização e até mesmo a vitrificação do resíduo. Os metais reciclados e os outros materiais inorgânicos transformam-se em coque vitrificado.

Segundo o Manual de Gerenciamento de Resíduos da FIRJAN (2006), a tecnologia do plasma consiste na utilização de um gás ionizado por meio de temperaturas superiores a 3000 °C, tornando-se uma forma especial de material gasoso que conduz eletricidade.

Devido às altas temperaturas de operação e a escassez de oxigênio, nesta tecnologia não há geração de dioxinas ou furanos, além de apresentar índices de NOx e SOx muito baixos.

A característica de alta energia e temperatura deste processo térmico permite um tempo de reação curto em relação ao incinerador clássico, possibilitando uma velocidade de destruição mais elevada e a construção de reatores menores. Além disso, em relação ao incinerador comum, o reator a plasma possui as vantagens de não gerar cinzas e de promover a inertização da parte inorgânica dos resíduos (visto que os metais pesados ficam retidos na matriz vítrea)

### **3.5.2.3.3 – Reciclagem, Recuperação e Reutilização**

Reciclagem: é a revalorização dos descartes domésticos e industriais, mediante de uma série de operações que permitem que os materiais sejam reaproveitados como matéria prima para fabricar o mesmo produto ou produtos diferentes.

A reciclagem consiste no ato de tornar útil e disponível novamente, eventualmente através de um processo de transformação físico-química, material que já foi utilizado anteriormente dentro de um sistema. Isto significa que materiais que seriam descartados como lixo tornam-se novamente matéria-prima para a manufatura de bens, reduzindo a extração de recursos naturais (OLIVEIRA, 2005).

A reciclagem é considerada como mais uma solução para minimizar a degradação acelerada dos recursos naturais. Cada vez mais os processos tecnológicos têm se aperfeiçoado no sentido de recuperar materiais descartados. Tal procedimento tem levado à economia de energia e de matéria-prima e está de acordo com o lema do desenvolvimento sustentável, visto que preserva as fontes de recursos não-renováveis e os recursos hídricos. (GUIMARÃES, 2000).

A recuperação consiste no processamento de um resíduo ou mistura de materiais para a separação de um material que possua valor econômico, como por exemplo, a recuperação da parte metálica em escórias (OLIVEIRA, 2005).



Já a reutilização baseia-se na utilização de um resíduo na mesma função, com ou sem uma etapa de processamento. Esta etapa não altera nem a forma nem a composição. Como por exemplo, a reutilização de garrafas de bebida (OLIVEIRA, 2005).

#### **3.5.2.3.4 – Landfarming**

Segundo Brasil e Santos (2004), o processo de *landfarming* consiste em sistemas de tratamento de resíduos que, através das propriedades físicas e químicas do solo, e da intensa atividade microbiana existente no meio, promovem a biodegradação, a transformação e a imobilização dos constituintes dos resíduos tratados, minimizando os riscos de contaminação ambiental.

Os resíduos são tratados, mediante a aplicação controlada dos mesmos na superfície do solo, acompanhada de práticas de manejo e monitoramento constantes, que possibilitam a alteração do estado físico, químico e biológico dos resíduos, mediante transformação e degradação que ocorrem no solo, sem que sejam causados danos ao meio ambiente.

Em um sistema de tratamento do tipo *landfarming*, é necessário controlar os seguintes parâmetros:

- Temperatura: deve estar em uma faixa entre 20 a 30 °C a fim de possibilitar a ocorrência do processo de biodegradação.
- Umidade: caso a precipitação local seja insuficiente para manter o teor de umidade entre 60 e 80% da capacidade de campo, um sistema de irrigação pode ser utilizado. A lixiviação deve ser evitada a fim de não promover a retirada dos microorganismos do solo.
- Teor de oxigênio, nutrientes, pH e temperatura: a camada de solo a ser tratada deve permanecer em torno de 30 cm de altura para facilitar a difusão do ar.

### **3.6 – Tendência das Centrais de Tratamento**

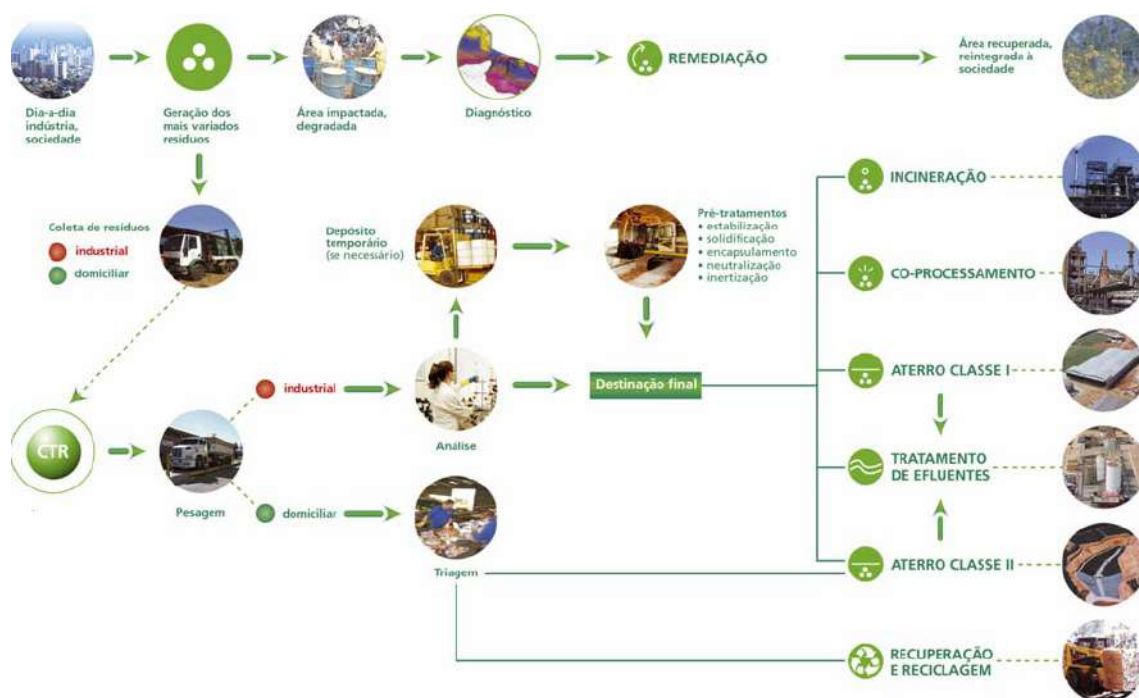
As empresas prestadoras de tratamento de resíduos tendem a incorporar cada vez mais o conceito de multitecnologia, representado na Figura 20.

A multitecnologia consiste na utilização integrada de diversas tecnologias no tratamento e destinação final de resíduos industriais, oferecendo a melhor relação custo-benefício.

As empresas de maior porte já ampliaram suas técnicas de tratamento e passaram a ofertar aos seus clientes soluções integradas de tecnologias diversas. Desta forma, é possível personalizar para cada resíduo a melhor tecnologia disponível a fim de realizar o tratamento e a destinação mais adequados às necessidades do cliente.

Com a utilização da multitecnologia do tratamento de resíduos, a empresa de tratamento passa a apresentar os seguintes diferenciais:

- Redução de custos: utilização das tecnologias mais adequadas a cada tipo de resíduo;
- Economia de escala: destinação para um mesmo fornecedor uma quantidade maior e mais variada de resíduos;
- Redução de prazos de execução: as diversas possibilidades de tratamento conferem agilidade à destinação final de resíduos.



Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

Figura 20: Aplicação do Conceito de Multitecnologia

Dados levantados pela Cetesb afirmam que o Brasil gera cerca de 2,7 milhões de toneladas de resíduos perigosos, entretanto, muitos técnicos afirmam que o valor real deve ser várias vezes superior a este, considerando-se as dificuldades em se realizar levantamentos precisos da geração destes resíduos, e à complexidade de conhecer a respeito dos resíduos estocados, considerados passivos ambientais.

Soluções para o gerenciamento e disposição dos resíduos sólidos são cada vez mais necessárias, pois o problema dos resíduos sólidos é crescente e tem sido reconhecido como um imenso fator de agravamento da crise ambiental (Menezes e Gerlach, 2000).

### **3.7 – Tendências futuras de Regulamentação**

A legislação ambiental brasileira vem baseando-se em muitas características da legislação europeia. Desta forma, a partir do momento em que se conhecem as novas leis da Comunidade Europeia é possível ter uma noção prévia do que virá em seguida no Brasil.

Segundo informações obtidas com a empresa Luftech Soluções Ambientais, um forte indicativo desta influência é o combate europeu aos aterros. Partindo do princípio que aterros representam um risco contínuo, que dificilmente uma impermeabilização de aterro dura mais de vinte anos, e que os custos da manutenção de um aterro por centenas de anos, com renovação da camada impermeabilizante a cada 20 anos, são altíssimos, o Conselho da União Europeia editou a Diretiva 1999/31/CE proibindo a colocação de qualquer tipo de lixo em aterro sem tratamento prévio a partir de 2005. A legislação europeia entende como tratamento prévio qualquer processo que altera características biológicas, químicas, físicas e físico-químicas dos resíduos.

A forma de tratamento mais escolhida varia entre os diferentes países europeus. No entanto há uma predominância clara da incineração, e países deficientes nesta tecnologia, como a Áustria, buscam se atualizar.

Outra tendência vista na Europa é a da geração de energia elétrica. De acordo com a Diretiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu, nenhum projeto novo de incineração pode ser aprovado se a energia não for aproveitada.

### **3.8 – Incentivos Futuros**

Há diversos incentivos de origem nacional e internacional sendo direcionados a setores ligados ao meio ambiente. Para a incineração de resíduos é importante acompanhar o Protocolo de Kyoto, que prevê o comércio de créditos de Carbono como medida de redução de emissões, e onde a incineração pode vender créditos. Isto por que as emissões gasosas de um aterro são maiores e mais nocivas do que do incinerador.

O modelo energético brasileiro, como em outras partes do mundo, também está direcionando incentivos à geração de energia descentralizada por fontes alternativas. Há cada vez mais linhas de “financiamento verde” disponibilizadas por bancos e agências de fomento, seguindo determinações de convenções internacionais.

## **CAPÍTULO 4 – O SETOR DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS**

A indústria de tratamentos de resíduos sólidos industriais tem sua dinâmica de expansão recente, não havendo tradição na confecção de pesquisas que permitam traçar um perfil atualizado da sua dinâmica, tanto a nível mundial quanto nacional. Os dados obtidos estão, em sua maioria, defasados, e permitem apenas uma estimativa da importância do referido setor na economia e das perspectivas de evolução nos próximos anos.

### **4.1 – Panorama Mundial**

#### **4.1.1 – Demanda e Faturamento**

Segundo dados do *Waste Management Multinationals* (2002), somente na Europa, e considerando apenas as 7 maiores empresas do setor, o faturamento em 2002 chegou a aproximadamente 16,08 bilhões de Euros. Por outro lado, nos Estados Unidos as 4 maiores do setor totalizaram aproximadamente 21,95 bilhões de dólares em faturamento (DAVIES, 2002).

#### **4.1.2 – Previsão de Crescimento**

A Comissão Europeia tem realizado algumas projeções para taxas de crescimento em diferentes segmentos geográficos do mercado ambiental, que inclui gerenciamento de resíduos e outras ações para adequação às normas ambientais. São esperadas significativas taxas anuais de crescimento em algumas regiões do planeta para 2010. Por exemplo, o mercado na China, segundo projeções, crescerá aproximadamente 12% ao ano; o Sudeste asiático, 14 %; América do Sul, 9%; Europa Central e Oriental, 10%. (DAVIES, 2002).

A Tabela 6 ilustra algumas projeções sobre os mercados ambientais para algumas regiões.

Tabela 6: Previsões de Mercados Globais para 2010.

	1998	2010	Taxa de Crescimento anual estimada de 1998 a 2010 (%)
	Dimensão do mercado	Dimensão do mercado	
	Bilhões de Euros	Bilhões de Euros	
<b>América do Norte</b>	132	149	1
<b>Europa</b>	104	118	10
<b>Japão</b>	62	69	1
<b>China</b>	4	17	12
<b>Índia</b>	1	2	6
<b>Ásia</b>	9	43	14
<b>América do Sul</b>	4	13	9
<b>Austrália / NZ</b>	4	5	1
<b>Oriente Médio</b>	2	6	8
<b>África</b>	2	5	6

Fonte: *The European Commission* (com adaptações).

Existe uma tendência para o surgimento de novas oportunidades para o mercado de gerenciamento de resíduos ao nível mundial. Do ponto de vista das grandes empresas do setor, permanecerão os esforços para a busca de novos mercados externos almejando vantajosos contratos e eventuais novas aquisições e/ou acordos. A perspectiva global é que as grandes empresas expandam seus mercados, principalmente pela Europa, Américas do Norte e do Sul e África.

#### 4.1.3 – Maiores Empresas no Mundo

O gerenciamento de resíduos industriais é mundialmente dominado por um número relativamente pequeno de empresas. As multinacionais americanas têm se restringido apenas aos mercados norte-americanos, enquanto assistem à expansão das concorrentes européias. Contudo, a

dimensão do mercado norte-americano torna as empresas americanas maiores do que suas rivais europeias.

O mercado de resíduos industriais é bem desenvolvido na Europa, América do Norte, partes da Ásia e regiões do Pacífico, sendo que as maiores empresas se localizam na Europa e na América do Norte. As Tabelas 7 e 8 ilustram as maiores empresas de tratamento de resíduos europeias e norte-americanas respectivamente. A partir da verificação dos faturamentos nas duas regiões, pode-se ter uma dimensão das empresas, e constatar a superioridade das norte-americanas.

Das maiores empresas do ramo de gerenciamento de resíduos, as multinacionais Sita e Onyx são consideradas como “*global players*”. Outras empresas que se destacam no cenário mundial são a *Waste Management Inc* e *Allied Waste Industries*, que atualmente operam somente na América do Norte. Apesar de sua restrição geográfica, estas duas empresas norte-americanas são consideradas as maiores empresas de gerenciamento de resíduos do mundo, admitindo seus respectivos faturamentos conforme a Tabela 8.

Tabela 7: Principais Empresas de Tratamento de Resíduos Europeias

<b>Empresa</b>	<b>País de Origem</b>	<b>Faturamento (€ milhões)</b>	<b>Área de Operação</b>
<b>Onyx</b>	França	5.260	Europa, América do Norte, leste da Ásia, América Latina, norte da África e Oriente Médio
<b>Sita</b>	França	5.030	Europa, leste da Ásia, América Latina, norte da África e Oriente Médio
<b>RWE Umwelt</b>	Alemanha	2.045	Europa
<b>Cleanaway</b>	Austrália	1.350	Europa e leste da Ásia
<b>Rethmann</b>	Alemanha	936	Europa e leste da Ásia



<b>Shanks</b>	Reino Unido	814	Europa
<b>Biffa</b>	Reino Unido	642	Europa

Fonte: Dados do PSIRU.

Tabela 8: Principais Empresas de Tratamento de Resíduos Norte-Americanas

<b>Empresa</b>	<b>Faturamento (U\$ milhões)</b>
<b>Waste Management Inc</b>	12.492
<b>Allied Waste Industries</b>	5.708
<b>Republic Services</b>	2.103
<b>Onyx* (depois de adquirir a quarta posição americana, superior a 1999)</b>	1.650

Fonte: Dados do PSIRU.

\*Para a Onyx é ilustrado apenas o faturamento americano.

Existem muitas razões para que as maiores empresas ainda disponham de um potencial de crescimento:

- Pressões ambientais, tanto públicas quanto legislativas, para desenvolvimento dos padrões de gerenciamento de resíduos;
- A continuação do caminhar em direção às privatizações pelo mundo;
- O estímulo à terceirização de operações que não sejam de áreas centrais de interesse do setor privado; e
- O crescimento das oportunidades de mercado, que se encontra em desenvolvimento e transições econômicas.

Adicionalmente, as empresas de gerenciamento / tratamento de resíduos que são multinacionais acreditam que possuem uma vantagem

adicional, na medida em que podem oferecer contratos de serviços de utilidade integrados para grandes clientes industriais. (DAVIES, 2002).

#### **4.1.4 – Tecnologias Atualmente Empregadas**

As tecnologias utilizadas mundialmente, em linhas gerais, são iguais às que hoje são aplicadas no Brasil, conforme visto no Capítulo 3. A seguir, serão apresentados os panoramas das tecnologias para Tratamento de Resíduos Sólidos Industriais mais utilizadas.

##### **4.1.4.1 – O Aterro Industrial no Mundo**

A tendência no mercado de tratamento de resíduos é a busca por tecnologias mais limpas que gerem um desenvolvimento sustentável. Esta idéia tem influenciado na substituição dos tradicionais aterros industriais por soluções que gerem passivos ambientais menos agressivos, como por exemplo, as técnicas de tratamento térmico.

##### **4.1.4.2 – A Incineração no Mundo**

A incineração é a tecnologia mais difundida atualmente em todo o mundo, principalmente em países com pequena disponibilidade de áreas adequadas para a implantação de aterro, como Japão, Suíça e Suécia, por possibilitar a incorporação, em novas unidades de incineração, de sistemas de recuperação de energia e de tratamento de gases de combustão, tornando-os interessante do ponto de vista ambiental e econômico (CEMPRE, 2000).

Em países desenvolvidos, plantas de incineração vêm sendo desenvolvidas acopladas a usinas de geração de energia, como por exemplo, termelétricas, conforme mostra a Tabela 9. Nos Estados Unidos, na Europa e no Japão já foram implantadas usinas termelétricas alimentadas por resíduos, notadamente a partir dos anos 80. Em diversos países é possível encontrar

termelétricas movidas a carvão e resíduo, com os ciclos de vapor integrados na geração de energia elétrica. (Essencis, 2007)

No Brasil, esta prática ainda não foi desenvolvida em virtude dos elevados custos operacionais envolvidos. No país, o tratamento por incineração restringe-se ao processamento de resíduos perigosos e de alto risco, industriais, aeroportuários e hospitalares, sendo que pouco tem sido efetivamente realizado no que se refere à reciclagem da energia gerada.

Tabela 9: Incineração nos Países Desenvolvidos

País	População (milhões)	Geração de resíduo (milh. t/a)	Quantidade de incineradores	Percentual incinerado	Recuperação de energia
<b>Dinamarca</b>	5	2,6	32	65	100%
<b>Espanha</b>	38	11,8	21	15	24 % das usinas
<b>França</b>	56	18,5	100	41	68% da capac.
<b>Holanda</b>	15	7,1	9	39	50% das usinas
<b>Itália</b>	58	15,6	51	17	30% da capac.
<b>Reino Unido</b>	57	35,0	7	5	25 % da capac.
<b>Suécia</b>	9	2,7	21	59	100%
<b>Suíça</b>	7	2,9	29	80	80 %
<b>USA</b>	248	180,0	168	19	75 % das usinas

Fonte: IBGE (1997)

#### 4.1.4.3 – O Co-processamento no Mundo

Desde o final da década de 90, co-processamento de resíduos em fornos de cimenteiras é praticada extensivamente e de forma segura em doze países da União Européia (UE), nos Estados Unidos, no Japão e na Suíça, utilizando os resíduos pré-tratados como combustível alternativo.

Na UE, cerca de 150 fornos dos 450 existentes em 250 unidades cimenteiras recorrem a combustíveis alternativos em um total de economia de

material equivalente a cerca de 3 milhões de toneladas de carvão por ano, o que corresponde, em média, à substituição de combustível normal em 20%.

Na Alemanha todas as cimenteiras operam com co-processamento e em países desenvolvidos como a Alemanha, Áustria, Bélgica e França o combustível alternativo chega a ultrapassar os 50% dos combustíveis normais, carvão e *pet-coke*<sup>10</sup> cerca de 40% cada), e gás natural. Na França o co-processamento cresce a um ritmo de 5% ao ano, tendo a sua evolução entre 1989 e 1999 correspondendo a um acréscimo de 84%, ao contrário da incineração, a qual se estabilizou neste mesmo período.

Na Suíça, existe um programa de redução de consumo de recursos naturais não-renováveis conhecido como E2000 que visa substituir 75% de carvão e óleo por combustíveis alternativos. No Japão, há um programa de co-operação ambiental do setor cimenteiro com o governo, consolidando o papel do co-processamento no programa de gestão de resíduos.

Em Portugal, há um programa que visa produzir um tipo de cimento inovador a partir da reciclagem de entulhos. A ideia da empresa é produzir um material denominado geobetão - um cimento inovador, mais ambientalmente correto e resistente - a partir da reciclagem de resíduos de construções e demolição na região norte do país, solucionando os problemas ambientais decorrentes da deposição de acúmulo de resíduos da construção civil, os quais, depois de sujeitos a uma triagem, serão reciclados e transformados em areias.

## **4.2 – Panorama no Brasil**

O cenário brasileiro foi alvo de estudo para a análise segundo Porter. Dessa forma, dados como demanda e faturamento, bem como previsão de crescimento, foram avaliados em maiores detalhes de modo a caracterizar o perfil atual do Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos, conforme pode ser observado no Capítulo 5.

---

<sup>10</sup> *Pet coke* é um resíduo proveniente do refino do petróleo bruto.

Adicionalmente, em função dos elevados montantes anualmente movimentados pelo Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos, no Brasil, este segmento da indústria recebe uma classificação específica para atividades econômicas. A seguir esta classificação será descrita com maiores detalhes.

#### **4.2.1 – CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas**

A CNAE é o instrumento de padronização nacional dos códigos de atividade econômica e dos critérios de enquadramento utilizados pelos diversos órgãos da Administração Tributária do país.

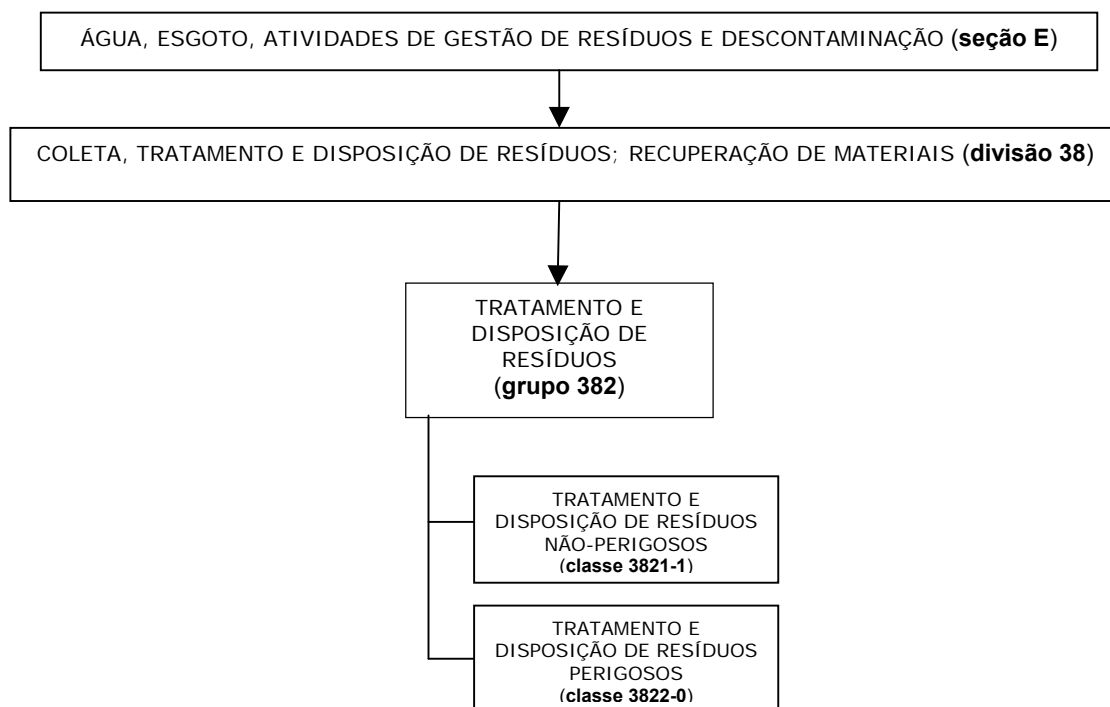
Trata-se de um detalhamento da CNAE, aplicada a todos os agentes econômicos que estão engajados na produção de bens e serviços, podendo compreender estabelecimentos de empresas privadas ou públicas, estabelecimentos agrícolas, organismos públicos e privados, instituições sem fins lucrativos e agentes autônomos (pessoa física).

A CNAE resulta de um trabalho conjunto das três esferas de governo, elaborada sob a coordenação da Secretaria da Receita Federal e orientação técnica do IBGE, com representantes da União, dos Estados e dos Municípios, na Subcomissão Técnica da CNAE, que atua em caráter permanente no âmbito da Comissão Nacional de Classificação - CONCLA.<sup>11</sup>

As empresas de Tratamento de Resíduo Industriais Sólidos se enquadram na classificação CNAE segundo a Figura 21.

---

<sup>11</sup> Disponível em <http://www.cnae.ibge.gov.br/>



Fonte: Adaptado de IBGE (2000).

Figura 21: A atividade de tratamento de resíduos segundo a CNAE

### **Seção E - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DESCONTAMINAÇÃO.**

Esta seção compreende as atividades de captação, tratamento e distribuição de água, seja através de uma rede permanente de tubulações e dutos (instalações de infra-estrutura) ou por outras formas de distribuição.

As atividades de produção, de gerenciamento da infra-estrutura e de fornecimento ao consumidor final podem ser desenvolvidas pela mesma unidade ou por unidades diferentes.

Esta seção compreende também a gestão de redes de esgoto (coleta e tratamento); as atividades relacionadas à gestão de resíduos de todos os tipos, por exemplo, resíduos industriais ou domésticos e materiais contaminados e as atividades de descontaminação do solo, de águas subterrâneas e superficiais, de edificações contaminadas, de áreas de mineração.

O resultado final do processo de tratamento dos resíduos pode ser tanto o descarte quanto o reaproveitamento como matéria-prima.

### **Divisão 38 - COLETA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS; RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS**

Esta divisão compreende a coleta, tratamento e disposição de resíduos e a operação de estações de recuperação de materiais descartados.

### **Grupo 382 - TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS**

Este grupo compreende o tratamento e a disposição de resíduos não-perigosos e perigosos, o despejo de resíduos em locais de disposição controlada ou vazadouros e a incineração ou combustão de resíduos.

Este grupo compreende também a geração de qualquer tipo de energia pela incineração de resíduos.

### **Classe 3821-1 (Grupo 382) - TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NÃO-PERIGOSOS**

Compreende especificamente:

- operação de depósitos de lixo e aterros sanitários para a disposição de resíduos não-perigosos;
- eliminação de resíduos não-perigosos pela combustão ou incineração, com ou sem o objetivo de geração de eletricidade ou vapor, cinzas ou outros subprodutos para posterior aproveitamento;
- triagem e eliminação de resíduos não-perigosos por outros meios (por exemplo, o despejo em locais de disposição controlada ou vazadouros);
- obtenção de gás a partir da decomposição biológica de matéria orgânica (restos agrícolas, esterco ou lixo doméstico);
- incineração e a combustão de resíduos perigosos;

- operações de seleção, classificação, etc. de materiais recuperáveis misturados, tais como papel, plásticos, latas de bebidas descartadas e metais para posterior aproveitamento;
- operação de usinas de compostagem;
- descontaminação e limpeza do solo, água, redução de materiais perigosos;

### **Classe 3822-0 (Grupo 382)- TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS**

Compreende especificamente:

- tratamento e disposição de resíduos perigosos em qualquer estado físico (sólido, líquido, pastoso, granulado, etc.);
- tratamento e disposição de resíduos contaminados (por exemplo, animais intoxicados vivos ou mortos);
- incineração e combustão de resíduos perigosos;
- tratamento, disposição e armazenagem de resíduos radioativos, incluindo tratamento e a disposição de resíduos de transição radioativos, isto é, aqueles que diminuem a sua radioatividade dentro do período de transporte;
- encapsulação, preparação e outros tratamentos de resíduos radioativos;



## **CAPÍTULO 5 – ANÁLISE SEGUNDO PORTER**

Uma análise criteriosa de determinado setor da indústria pode evitar grandes problemas estruturais, a partir de previsão de cenários futuros favoráveis ou não. Existem diversas técnicas para este tipo de análise tais como RBV (*resource-based view*), SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*), e Modelo de Porter. Particularmente, a análise segundo o Modelo de Porter revelou boa margem de acerto em diversos casos, tais como o da empresa de *e-commerce* Americanas.com. Neste caso a análise conduzida por Ferreira e Mariano (2001), revelou pontos críticos, como por exemplo, a fragilidade à concorrência internacional, que de fato, teve seu desfecho através da venda da Americanas.com para um concorrente de maior porte, o Submarino.

A escolha pelo método foi auxiliada pelos bons resultados que o Modelo de Porter vem apresentando em trabalhos anteriores, bem como a curiosidade em comprovar a aplicabilidade do Modelo no Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos (STRIS). A seguir, terá início o estudo do STRIS sob a ótica de Porter.

### **5.1 – Estratégias Competitivas: Caso do STRIS**

Após o estudo do perfil do Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos (STRIS), e comparando aos cinco meios industriais genéricos relevantes apontados por Porter (1980) no Capítulo 2, seção 2.3, verifica-se que o perfil do STRIS se aproxima mais do perfil de indústrias consideradas fragmentadas. Posteriormente, foram formuladas estratégias competitivas para o STRIS, tendo em vista a metodologia analítica, proposta por Porter (1980). A referida metodologia é composta pelas seguintes etapas:

**Primeira Etapa:** Conduzir uma análise da indústria para identificar a origem das forças competitivas e a estrutura da indústria.

**Segunda Etapa:** Identificar as causas da fragmentação na indústria

**Terceira Etapa:** Exame das causas da fragmentação

**Quarta Etapa:** Após a superação da fragmentação, caso seja possível, analisar se a futura estrutura da indústria produz retornos positivos.

E por fim, caso a estrutura fragmentada não possa ser superada, passa-se à próxima etapa:

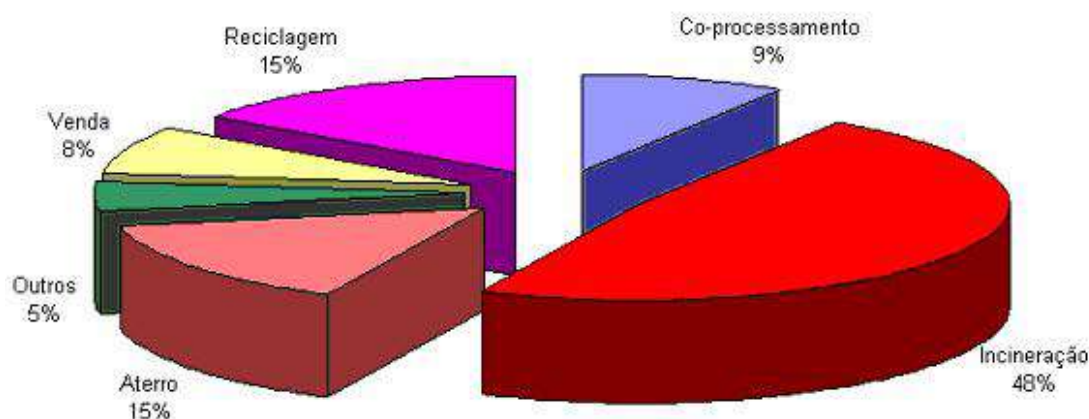
**Quinta Etapa:** Selecionar a melhor alternativa para enfrentar a estrutura fragmentada

A seguir cada etapa será tratada separadamente, com enfoque para o STRIS.

**Primeira Etapa:** Conduzir uma análise da indústria para identificar a origem das forças competitivas e a estrutura da indústria.

### **5.1.1 – Panorama do Setor Brasileiro**

De acordo com informações obtidas na Associação Brasileira de Indústria Química (ABIQUM), no ramo de indústrias químicas, o mercado de tratamento de resíduos industriais está segmentado da seguinte forma:



Fonte: Seminário apresentado pela ABIQUIM (2004)

Figura 22: Segmentação do Mercado de Tratamento de Resíduos Industriais – Destino dos Resíduos Sólidos

Quando analisamos somente o mercado de tratamento de resíduos em específico, constatamos que o mesmo está dividido da conforme apresentado a seguir:

Tabela 10 – Mercado de Tratamento de Resíduos Industriais

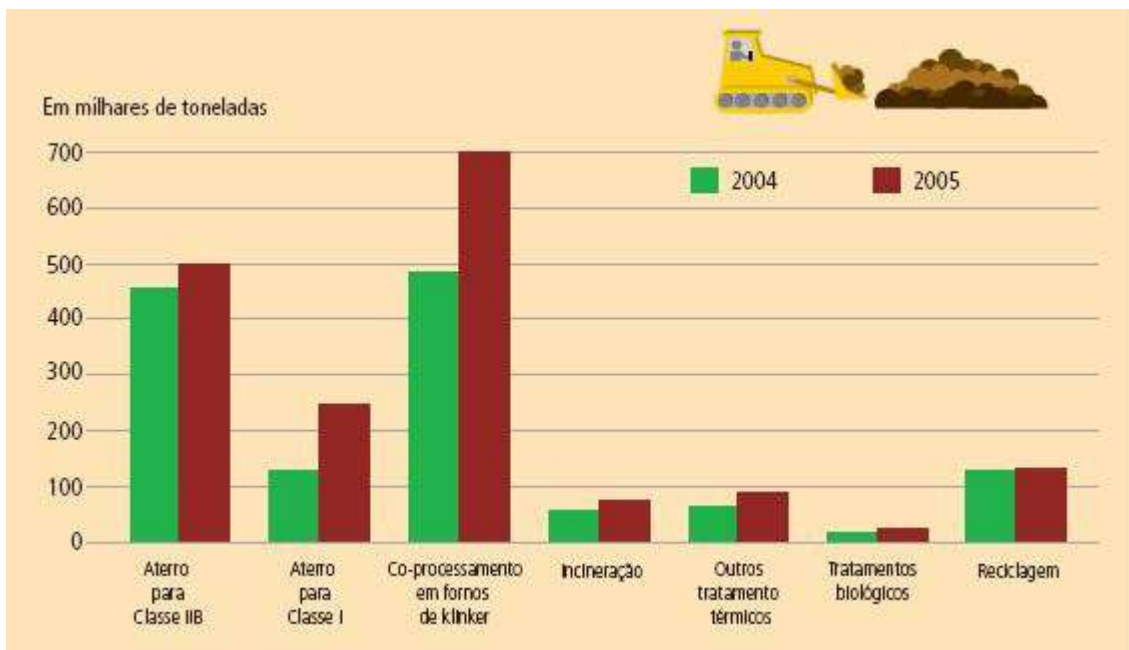
Tecnologia	Volume disposto (ton)	Participação no mercado (%)
<b>Aterros Classe II-A e II-B</b>	1.414.000	83
<b>Aterros classe I</b>	110.000	6
<b>Co-processamento</b>	145.000	9
<b>Incineração</b>	11.000	1
<b>Outros tratamentos</b>	20.000	1
<b>TOTAL</b>	1.700.000	100
<b>Receita Bruta</b>	R\$ 270 milhões	

Obs: Dados referem-se ao associados da Abetre, que representam 70 % do setor

Fonte: ABETRE, 2004

Observa-se que os aterros industriais respondem aproximadamente por 89% das disposições.

Esta tabela tem seu significado retificado ao analisarmos o gráfico abaixo, o qual retrata em termos de volume a quantidade de resíduos destinada por tipo de tecnologia de tratamento.



Fonte: ABRELPE, 2006

Figura 23: Tratamento de Resíduos Industriais

Somente no estado do Rio de Janeiro, a produção de resíduos industriais está estimada em 1.000.000 toneladas por ano, segundo dados obtidos pelo grupo Essencis Soluções Ambientais.

Tabela 11: Estimativa da Geração de Resíduos Industriais no Estado do Rio de Janeiro

SETOR	KT/ANO
Químico / Petroquímico	400
Metalúrgico	150
Montadoras	50
Serviços	150
Outros	200
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>

Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

### 5.1.2 – Demanda e Faturamento

O estado de São Paulo, detentor de um PIB industrial de R\$ 436 bilhões em 2006, conta com as mais avançadas tecnologias para tratamento e disposição de resíduos industriais no Brasil. Segundo um estudo realizado pela ABETRE, o referido estado é líder no país em número de unidades privadas, com 17 aterros, 4 incineradores e 5 plantas de co-processamento de um total de 52 aterros, 11 incineradores e 30 plantas de co-processamento existentes no país<sup>12</sup>.

Ainda de acordo com o estudo da ABETRE, as unidades privadas no Brasil tratam 8,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, das quais cerca de 6,5 milhões são enviadas para aterros, 690 mil para co-processamento em cimenteiras e 64 mil para incineração industrial. Os dados mostram que o volume total de resíduos é responsável por um faturamento de R\$ 1,5 bilhão das 112 unidades centrais privadas de tratamento (Agência Envolverde - 2007).

<sup>12</sup> Disponível em <http://envolverde.ig.com.br/>

### 5.1.3 – Previsão de Crescimento

No Brasil segundo a ABETRE, o volume de mais de 8 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano provoca o conseqüente crescimento de 10% dos negócios sobre índices anteriormente divulgados (AGÊNCIA ENVOLVERDE - 2007).

Por outro lado, segundo o relatório sobre meio ambiente da ABIQUIM 2006, observa-se um esforço por parte das empresas brasileiras para minimizar a produção de resíduos durante suas atividades. As empresas que participaram dessa pesquisa, informaram investimentos ambientais superiores a R\$ 181 milhões e mais de R\$ 156 milhões para controle ambiental. Este esforço já estaria dando bons resultados, principalmente na economia de energia. Essa economia se deve à redução de capital investido no manejo do resíduo formado, isto é, com a diminuição da quantidade de resíduos ocorre, simultaneamente, a diminuição dos gastos para tratamento dos mesmos. Pode-se associar a minimização de efluentes a um monitoramento mais rigoroso dos processos produtivos para o uso racional de matéria-prima. De certo modo, a iniciativa de minimização da produção de resíduos poderia representar uma barreira ao avanço do mercado de tratamento de resíduos. Entretanto, o volume produzido anualmente, ainda é considerável requerendo grande atenção para o seu correto tratamento e disposição final.

As tecnologias empregadas hoje no país eventualmente sofrem modificações técnicas, resultando em melhorias no desempenho, sendo em seguida incorporadas ao processo. Como exemplo pode-se citar o caso da Tribel, filial brasileira da Bayer de origem alemã, que desenvolveu com auxílio de uma firma cimenteira brasileira, um cimento refratário para aplicação no forno rotativo do incinerador de resíduos. Este cimento refratário ajudou no aumento da resistência à erosão causada pela queima de metais alcalinos. Adicionalmente, houve uma segunda inovação tecnológica referente ao processo de injeção de oxigênio no incinerador rotativo. Estas duas inovações foram muito bem sucedidas e imediatamente adotadas pela matriz alemã, Bayer (Abdalla; Oliveira, 2003).

#### 5.1.4 – Maiores Empresas no Brasil

O objetivo deste levantamento foi identificar as maiores empresas que atuam no Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos no Brasil. Para isso, recorremos ao banco de dados da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos – ABETRE. Das 16 empresas associadas à ABETRE **nove** foram selecionadas para o estudo, por serem dedicadas ao tratamento de resíduos industriais. Essa seleção utilizou como parâmetro de corte as empresas que, dentre outros tipos de resíduos, também processassem resíduos industriais. Além das nove empresas pré-selecionadas da ABETRE, estudamos mais **quatro** empresas não associadas: **RESOTEC SOLUÇÕES AMBIENTAIS** (Grupo **HOLCIM**), **SINERGIA TECNOLOGIA EM RESÍDUOS** (também conhecida como **PLASTIMASSA**), **TECNOSOL COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA** e **SILCON AMBIENTAL LTDA**. As referidas empresas foram mencionadas em um estudo realizado pela ABRELPE em 2006 intitulado "Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil". Sendo assim, embora estas quatro empresas não sejam associadas da ABETRE, justificamos seu estudo por suas contribuições ao setor de tratamento de resíduos, razão pela qual, foram mencionadas no dito Panorama da ABRELPE (2006).

A Tabela 12 ilustra as empresas atualmente associadas à ABETRE. Da comparação entre esta tabela e o banco de dados (ver **Anexo 1**) utilizado no presente trabalho, pode-se notar a ausência de algumas empresas. Isto se deve em razão de algumas empresas terem sido excluídas da pesquisa, por não processarem resíduos industriais (empresas em destaque). Outro fator que diminuiu o número de empresas foi a constatação de que as empresas CDR PEDREIRA - CENTRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS LTDA, ESTRE - EMPRESA DE SANEAMENTO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS LTDA e TERRESTRE fazem parte de uma mesma empresa a ESTRE e dessa forma, foram consideradas como sendo uma só. O mesmo ocorreu entre a VEOLIA SERVIÇOS AMBIENTAIS e a ONYX RESICONTROL.

Tabela 12: Empresas Associadas à ABETRE

<b>Empresa</b>	<b>Área de atuação</b>
Ambiental	PR e SP – Nacional
Anaconda	Santa Isabel (SP) – Regional
Boa Hora	Mauá (SP) – Regional
Catarinense	Joinville (SC) – Regional
CDR Pedreira*	São Paulo (SP) – Regional
Cetrel - Lumina	Brasil, Portugal, Estados Unidos e Angola - Multinacional
Clean Gestão Ambiental	Belém (PA) - Regional
Eco-Processa	PB, AL, BA, MG, RJ, SP, GO e RS – Nacional
Essencis	RJ, MG, SP e PR - Nacional
Estre*	Brasil, Argentina e Uruguai - Multinacional
Onix – Resicontrol**	São Paulo (SP) - Regional
Quitaúna	Guarulhos (SP) - Regional
Silcon Ambiental Ltda.	ES, SP e RS - Nacional
Tecipar	Santana de Parnaíba (SP) - Regional
Terrestre*	Santos (SP) - Regional
Tribel	RJ e SP - Nacional
Veolia Serviços Ambientais**	Mais de 35 países, no Brasil está localizada em SP - Multinacional

\*CDR Pedreira, Estre e Terrestre fazem parte da mesma empresa: Estre.

\*\*Onix – Resicontrol e Veolia Serviços Ambientais também representam uma empresa: Veolia.

Fonte: ABETRE, 2007.

Como este ramo da indústria é relativamente recente, tendo seu desenvolvimento impulsionado pela intensificação do rigor das leis ambientais,



em princípio, poderíamos imaginar que houvesse certa homogeneidade na origem destas empresas. Diversas informações foram coletadas e comparadas de forma que fosse possível identificar uma eventual tendência de comportamento entre as corporações. Os parâmetros **Escopo** e tipo de **Serviços** prestados, **Área de Atuação**, **Localização**, data de **Fundação**, **Origem**, **Clientes** e **Certificação** foram mapeados para cada empresa e analisados, de forma a identificar semelhanças e diferenças no conjunto de empresas do setor. O **Anexo** apresenta o grupo de empresas que serviu de base para as análises que se seguem.

#### **5.1.4.1 – Análise por parâmetros**

##### **Escopo**

Como dito anteriormente, o foco da seleção foram empresas que processassem resíduos industriais sólidos, especificamente pertencentes às classes I e II.

##### **Serviços**

Dentre as técnicas existentes para processamento de resíduos, as mais utilizadas pelas empresas estudadas são o *co-processamento*, a *incineração*, os *aterros*. Algumas empresas também oferecem serviços de consultoria em projetos ambientais, serviços de análises laboratoriais e remediação de áreas degradadas.

##### **Área de Atuação**

Distribuição homogênea entre multi, nacional e regional. A partir dos dados analisados, percebe-se certo equilíbrio na distribuição das empresas. As empresas de porte multinacional aparecem em número ligeiramente maior do que os observados para empresas de porte nacional e regional. Vale ressaltar que a classificação multi, nacional e regional decorre do capital social bem

como de suas atuações no exterior, em boa parte do território nacional e local em determinados estados, respectivamente.

### **Localização**

As empresas se localizam, em sua grande maioria, nas regiões sudeste e sul. Isso se deve, talvez, pelo maior número de indústrias nestas regiões gerando uma grande quantidade de resíduos, que servirão de matéria-prima para as empresas de tratamento de resíduos. A proximidade das fontes de matéria prima é um fator importante e desejado quando se pretende minimizar custos de operação. Adicionalmente, o “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”, da ABRELPE (2006), traz informações que confirmam esta análise.

### **Fundação**

Em linhas gerais as empresas de tratamento de efluentes estudadas, surgiram durante a década de 90. O desenvolvimento desse novo segmento industrial foi impulsionado pelo aumento do rigor das normas ambientais. Adicionalmente, a crescente conscientização ambiental da população, dando especial atenção às empresas que executam suas funções respeitando as normas ambientais vigentes, também serviu para alimentar uma nova modalidade de propaganda, que mescla o respeito à natureza ao tradicional apelo inovador. Em outras palavras, observa-se que empresas detentoras de certificação da série ISO 14000, utilizam desta certificação para divulgar e vender produtos manufaturados de modo ecologicamente correto.

### **Origem**

Grande parte das empresas desse segmento surgiu de parcerias, associações, fusões e *joint ventures* entre empresas de segmentos da indústria de cimento, empreiteiras e de fármacos, por exemplo.

## **Clientes**

Possuem clientes diversificados que se estendem desde a indústria química, mecânica, mineradoras, etc. até hospitais e prefeituras. Em outras palavras, além de atender à demanda do setor industrial as capacidades instaladas nas empresas de tratamento permitem que clientes não industriais também sejam atendidos.

## **Certificação**

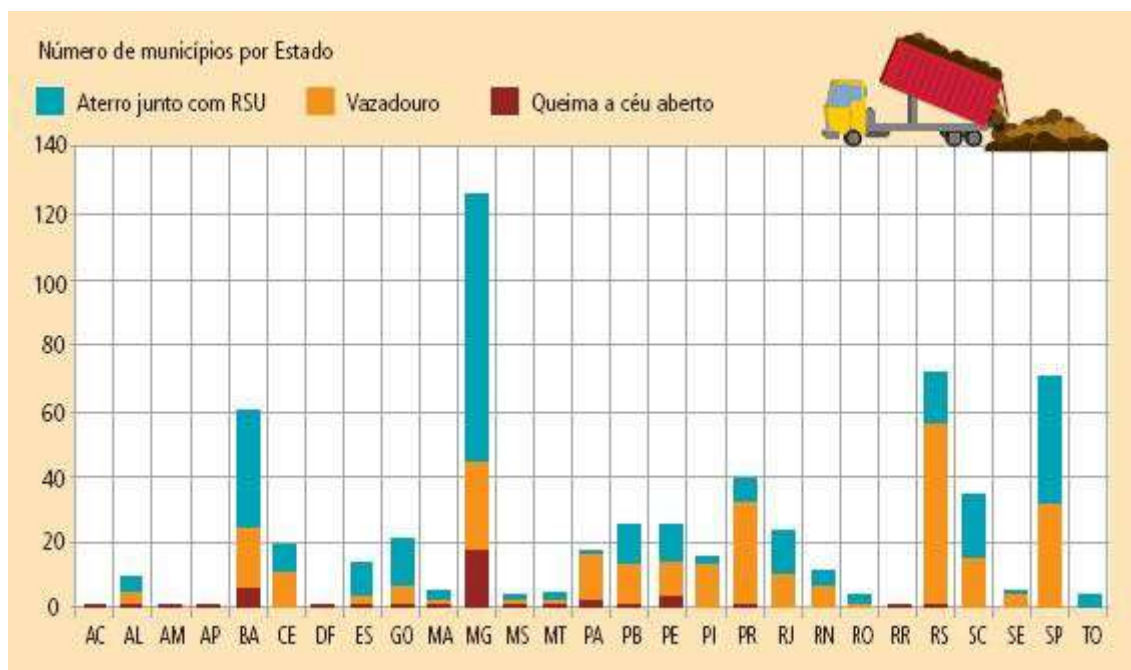
Além de certificados para manuseio e preparo de resíduos, certificados de credenciamento de laboratório entre outros exigidos pelos órgãos fiscalizadores, a maioria das empresas já possui certificação das séries ISO 9000 e 14000, que tratam da Qualidade e do Meio Ambiente respectivamente. Adicionalmente, a crescente preocupação com a segurança do trabalho estimula as empresas a adquirirem a certificação OSHAS 18001.

### **5.1.5 – Tecnologias Atualmente Empregadas**

#### **5.1.5.1 – O Aterro Industrial no Brasil**

De acordo com a Revista Química e Derivados (2006), a quantidade de aterros classe I tem aumentado no Brasil, mas a maioria dos resíduos perigosos ainda é descartada sem controle.

Na Figura 24, é possível observar que em muitos estados brasileiros, a disposição de resíduos industriais ainda tem ocorrido em grande parte sob a forma de vazadouros e queima a céu aberto.



Fonte: ABETRE, 2006

Figura 24: Destinação de Resíduos Sólidos Industriais.

No passado, era comum a ocorrência de escândalos ambientais em virtude da oferta de poucas alternativas corretas de disposição de resíduos. Segundo reportagem publicada na Revista Química e Derivados (2006), o acidente ambiental mais conhecido nesta área foi o ocorrido no Aterro Mantovani, em Santo Antônio de Posse-SP, onde no período de 1974 a 1987 cerca de 326 mil toneladas de resíduos industriais, de 75 indústrias, foram descartadas indiscriminadamente, gerando a mais crítica área de contaminação do país.

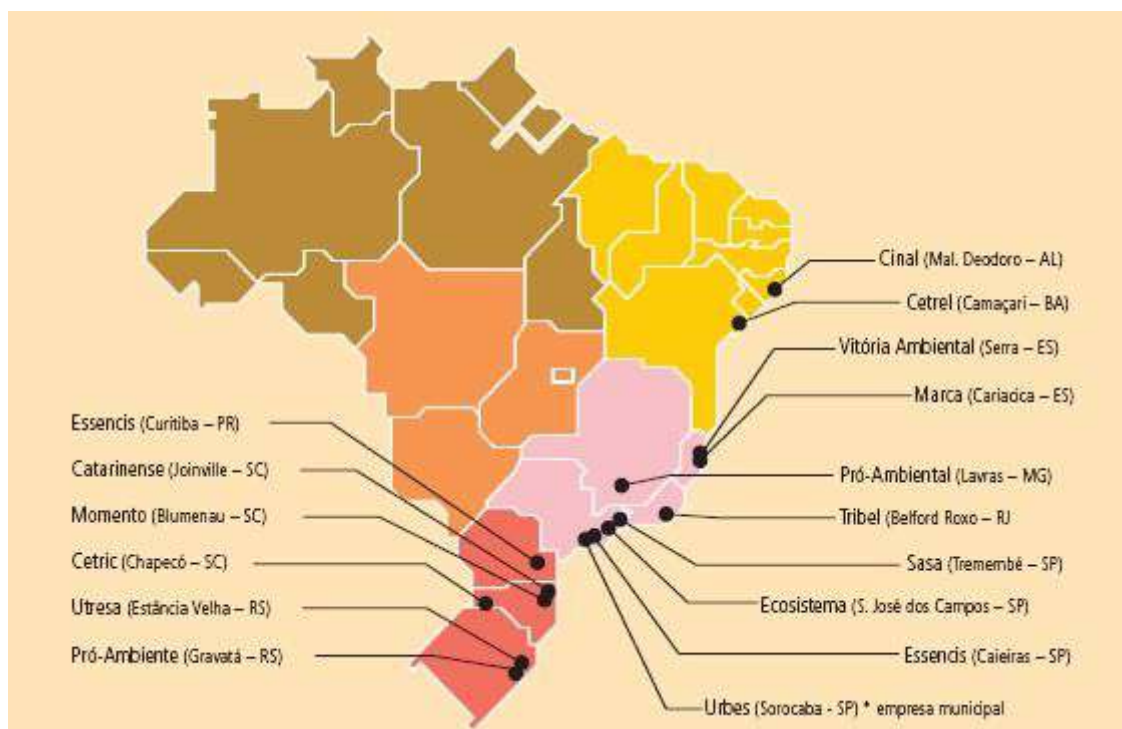
Atualmente, com o advento das tecnologias de tratamento, o número de aterros capazes de confinar o perigo contido em resíduos classe I, é extremamente superior ao do passado, embora ainda insuficiente para atender toda a demanda local.

Grande parte dos resíduos industriais gerados no Brasil ainda continua a ser destinada de forma incorreta, misturada em lixões domésticos, sejam eles municipais ou clandestinos. De acordo com a Associação Brasileira

de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), mais de 70% do lixo industrial acaba em lugares inapropriados.

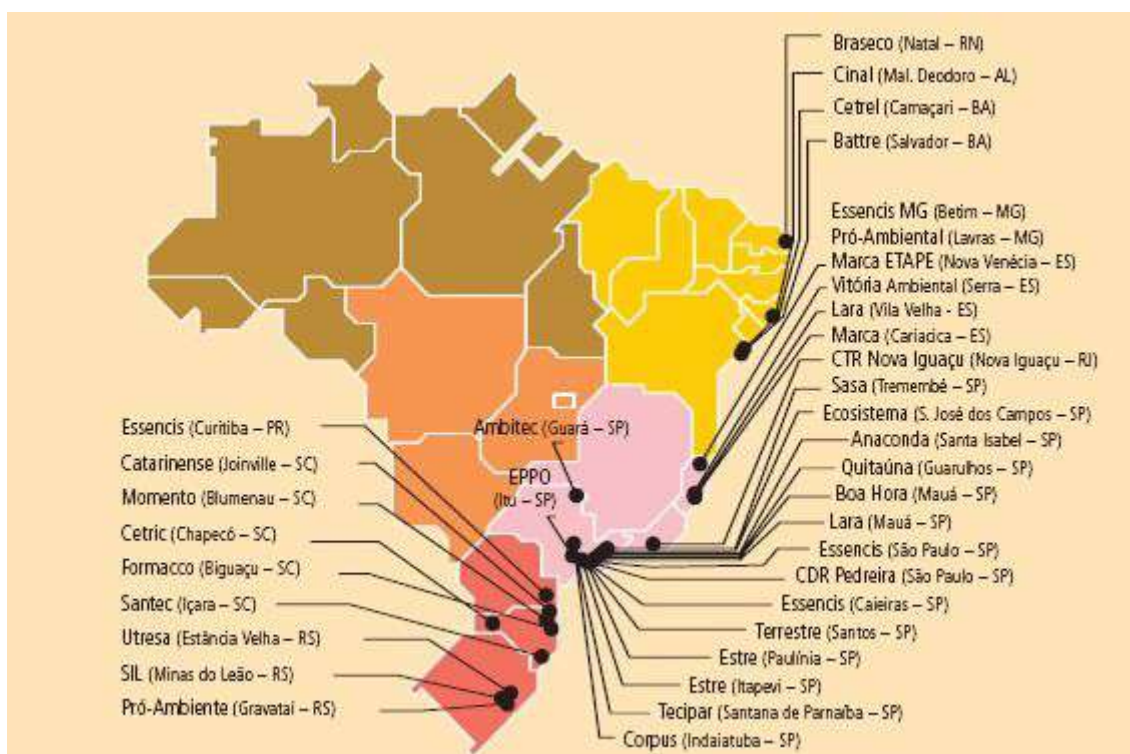
Com a recuperação da atividade econômica na indústria, conseqüentemente há maior geração de resíduos. Nos setores com práticas ambientais mais avançadas, como a indústria química e siderúrgica, isso significa vários novos contratos de destinação de resíduos. O aterro pertencente à empresa Onyx Sasa, por exemplo, com capacidade total para 350.000 m<sup>3</sup> de resíduos e vida útil de 25 anos, recebe uma grande quantidade de solos contaminados e lodos de indústrias químicas, mecânicas, montadoras de automóveis, autopeças e metalúrgicas.

A localização nacional das unidades de aterro industrial classes I e II-A pode ser observada nas Figuras 25 e 26.



Fonte: ABRELPE, 2006

Figura 25: Aterros brasileiros para Resíduos Classe I.



Fonte: ABRELPE, 2006

Figura 26: Aterros brasileiros para Resíduos Classe II-A.

Apenas para conhecimento, vale ressaltar a inovação tecnológica que vem ocorrendo no mercado de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

Existem no Brasil projetos de uso do biogás - gerado pela decomposição do resíduo sólido urbano nos aterros sanitários - para a produção de energia elétrica, associado à venda de créditos de carbono, mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) estabelecido pelo Protocolo de Quioto com o objetivo de reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera.

A expectativa é de que o funcionamento de usinas termoeletricas nos dois depósitos sanitários permitirá a redução em 20% da emissão de carbono equivalente na atmosfera em São Paulo.

Em 2008, 10% da energia elétrica consumida nas residências paulistanas deverá ser suprida pela energia gerada pelo lixo urbano depositado nos dois aterros.

A recuperação do biogás do aterro para geração de energia é técnica adotada há alguns anos nos EUA e Europa. O objetivo da sua adoção no 1º Mundo é muito mais ambiental – redução das emissões de gases do efeito estufa (visto que o biogás é composto por cerca de 50% de metano) – do que propriamente econômico – geração de energia.

A energia gerada com o uso deste método é inferior à de outras rotas de destinação final com geração de energia, uma vez que a eficiência máxima de captação do biogás é de cerca de 65% do biogás gerado.

#### **5.1.5.2 – A incineração no Brasil**

No Brasil o conceito dos processos de tratamento térmico desenvolveu-se nas mentes de muitas pessoas de forma negativa. No entanto, segundo Menezes e Gerlach (2000), em países desenvolvidos como Alemanha, Japão e Suíça, este conceito foi revertido e muitas plantas foram construídas recentemente, principalmente para a geração de energia. Esta alteração da percepção da imagem dos processos térmicos ocorreu principalmente no final da década de 90, em função do avanço das tecnologias de depuração de gases e dos controles “on line” de todas as emissões gasosas e líquidas. Nesta época, a maioria das instalações de tratamento de gases das principais plantas naqueles países foi substituída e hoje atendem integralmente às mais exigentes normas de proteção ambiental e a operação destas tem sido muitas vezes, acompanhada de perto pela comunidade local (MENEZES E GERLACH, 2000).

Atualmente, uma grande parte dos técnicos reconhece que quanto mais se recicla mais a incineração se torna a solução apropriada para os resíduos restantes (ATKINS, 1993), o que torna a tecnologia da incineração um aliado da reciclagem em um tratamento integrado.

A Tabela 13 apresenta as características de alguns dos principais incineradores instalados no Brasil.

Tabela 13: Principais Incineradores no Brasil

Planta	Tipo	Capac.t / ano	Resíduos processados	Tratamento dos gases	Controle de emissões	Efluentes e cinzas
BASF Guaratinguetá – SP	Rotativo	2.700	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos, exceto ascaréis	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O <sub>2</sub> , CO e SO <sub>x</sub> .	Cinzas: em Aterro terceirizado
BAYER Belfort Roxo – RJ	Rotativo	3.200	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos inclusive Difenilas policloradas	Lavadores ácido e alcalino, separador de gotículas	ontínuo: O <sub>2</sub> CO.	Cinzas: aterro ind.próprio. Líquidos: ETE
CETREL Camaçari – Bahia ISO 14.001	Rotativo	10.000	Resíduos líquidos organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub>	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
CETREL Camaçari – Bahia ISO 14.001	Rotativo	4.500	Resíduos sólidos Classe I	Coletor de pó tipo ciclone, lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , opacidade	Cinzas: depositadas em aterro próprio.
CIBA Taboão da Serra – SP	Rotativo	3.200	Res. ind. org. e inorg. Exc. ascarel e radioativos.	Lavadores ácido e alcalino, demister e ciclone	Contínuo: NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , O <sub>2</sub> , CO, temp., vazão, MP	Aterro próprio para 10.000 m <sup>3</sup> de cinzas e escórias.
CINAL Ma rechal Deodoro – AL	Câmara horizontal c/leito recíprocante	1.500	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos inclusive PCBs e organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , MP	Aterro próprio
CLARIANT Suzano – SP ISO 14.001	Rotativo	2.700	Resíduos sólidos e pastosos	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , MP	Cinzas e escórias: aterro industrial em Resende (RJ) e ETE 300 m <sup>3</sup> /h
ELI LILLY Cosmópolis – SP	Rotativo	10.400	Resíduos sólidos, líquidos e pastosos.	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub>	Aterro próprio classe I
KOMPAC For taleza – Ceará	Câmara horizontal c/leito recíprocante	10.950	Resíduos de serviços de Saúde e Industriais	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> Periódico: SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , HCl, HF, Cl <sub>2</sub>	Efluentes líquidos <b>não</b> descartados. Cinzas e escórias: aterro industrial



Planta	Tipo	Capac.t / ano	Resíduos processados	Tratamento dos gases	Controle de emissões	Efluentes e cinzas
RHODIA (Cubatão – SP)	Rotativo	18.000	R.S.L.P., incluindo organoclorados	Lavadores ácido e alcalino	ontínuo: O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub>	Aterro industrial classe I
SILCON Paulínea – SP	Leito fixo, pirolítico	3.600	Resíduos de serviços de Saúde	Lavadores ácido e alcalino	Contínuo: O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub>	Aterro industrial classe I

Fonte: Menezes e Gerlach, 2000.

Há ainda três incineradores de grande porte no Brasil. São eles:

- O incinerador do tipo forno rotativo do grupo Basf, localizado em São Paulo, cuja capacidade é de 3.000 ton/ano.
- O incinerador do tipo forno rotativo do grupo Essencis Soluções Ambientais, localizado em São Paulo, cuja capacidade é de 5.000 ton/ano.
- O incinerador do tipo forno rotativo do grupo Elanco, localizado em São Paulo, cuja capacidade é de 10.000 ton/ano.

A capacidade instalada no Brasil é da ordem de 84.000 ton/ano, enquanto a demanda interna é de 300.000 ton/ano

### 5.1.5.3 – O co-processamento no Brasil

O potencial da indústria brasileira situa-se em torno de 1,5 milhões de toneladas de resíduos por ano.

De 1991 a 2003 o Brasil processou apenas 1,6 milhões de toneladas em todo o período.

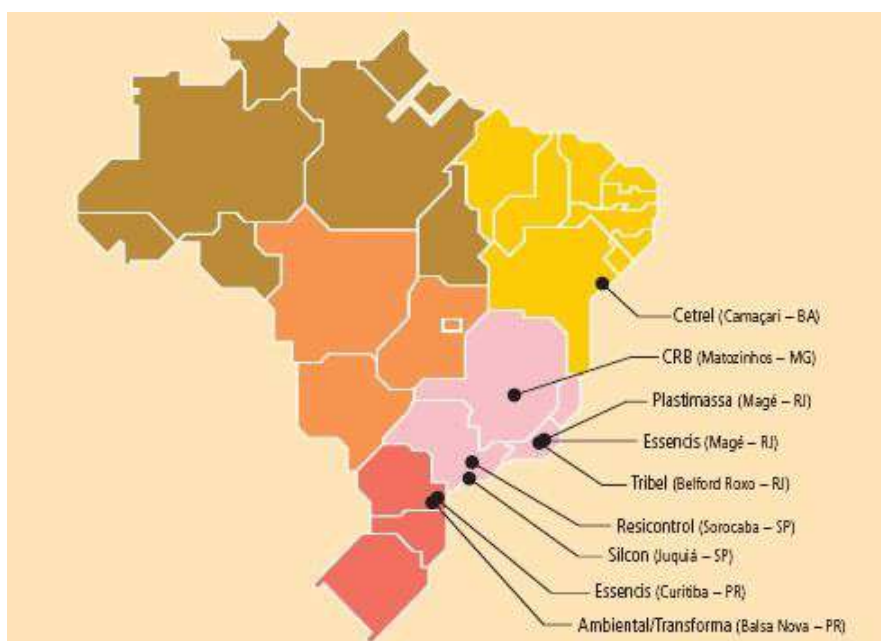
A seguir, é possível visualizar um gráfico que demonstra que ainda é pequena a parcela de participação do co-processamento no mercado de tratamento de resíduos industriais.



Fonte: Essencis Co-Processamento Ltda, 2007

Figura 27: Métodos de Tratamento de Resíduos Sólidos

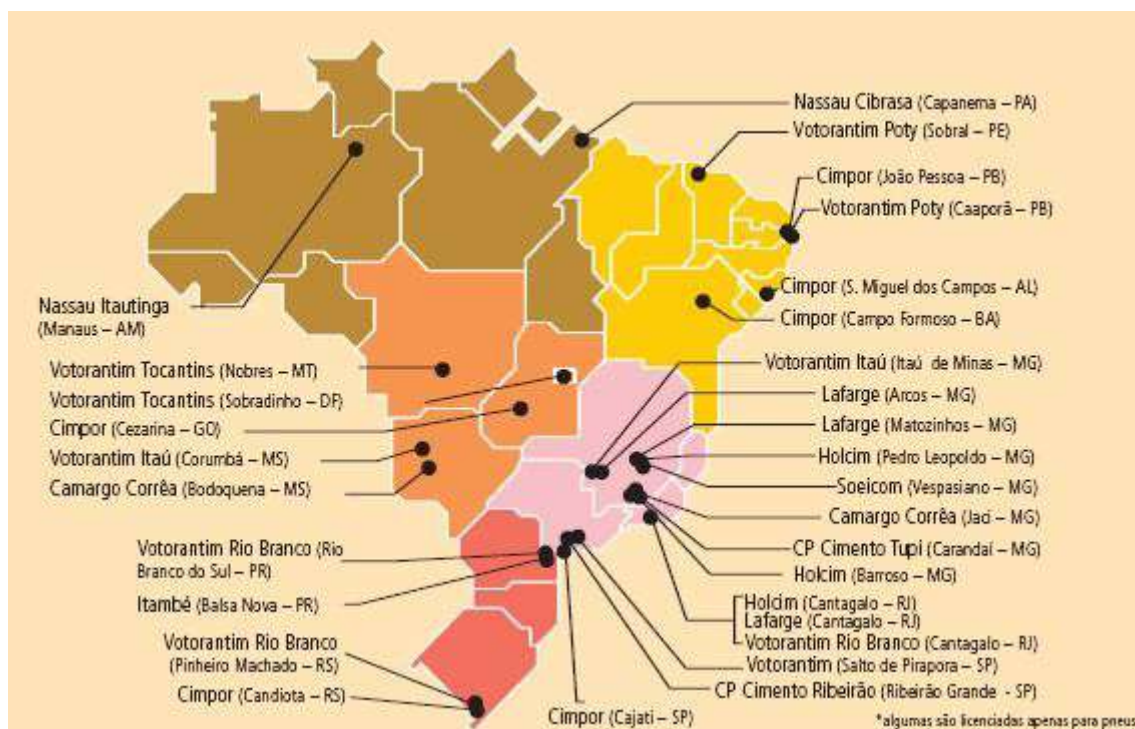
A localização das plantas de co-processamento no território brasileiro aparece na Figura 28.



Fonte: ABETRE, 2006

Figura 28: Unidades de Blendagem para Co-Processamento

Segundo a ABETRE, 2006, a capacidade efetiva de blendagem para o co-processamento é de 380 mil toneladas/ano. A Figura 29 mostra o panorama nacional de cimenteiras licenciadas para o co-processamento. O Brasil possui uma capacidade potencial de 1,5 milhão de toneladas co-processadas/ano.



Fonte: ABETRE, 2006

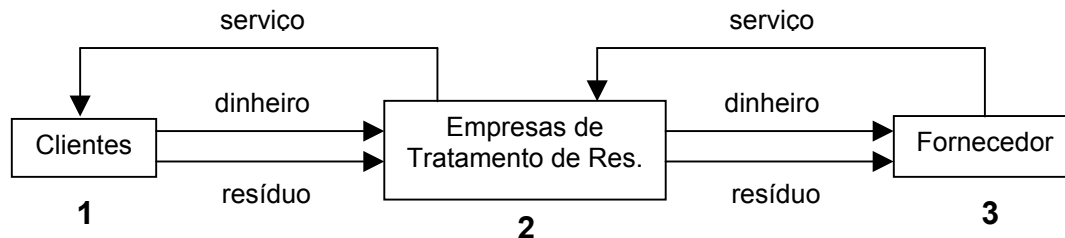
FIGURA 29: Cimenteiras licenciadas para Co-processamento

## 5.2 – Aplicação do Modelo de Porter

As análises que seguem foram auxiliadas pela Figura 30, que evidencia os fluxos de serviço, resíduo e dinheiro no Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos (STRIS).

Ao desenvolver a análise segundo Porter é interessante lembrar que o Setor de Tratamento de Resíduos segue a retro-logística. A logística convencional tem o seguinte sentido: Matéria-prima → Beneficiamento →

Produto. O fluxo neste setor é contrário: pega-se as sobras do produto, agrega-se valor e converte-se em um novo produto (energia, combustível).



Fonte: Elaboração própria.

Figura 30: Fluxos de Serviço, Resíduo e Dinheiro no STRIS

Na figura anterior os clientes são empresas geradoras de resíduos de diversos segmentos da indústria, as empresas de tratamento de resíduos industriais sólidos são aquelas estudadas no presente trabalho e os fornecedores são representados por cimenteiras que fornecem serviço para as empresas de tratamento de Resíduos.

Para entender a dinâmica do processo, consideraremos apenas o fluxo de serviço que é o “produto” ofertado pelo pelas empresas do setor. O processo tem início com a geração de resíduos pelas empresas clientes que contratam os serviços de uma empresa de tratamento de resíduo. Esta última analisa as características do resíduo e aplica a melhor tecnologia para o caso. Se a tecnologia adotada for, por exemplo, incineração, o resíduo passará por um processo de adequação para que tenha condições de ser incinerado. Nesse caso, o resíduo será tratado sem a necessidade de sair das dependências da empresa de tratamento de resíduos. Por outro lado, caso as características do resíduo viabilizem o tratamento por co-processamento, o resíduo receberá um tratamento adequado e será enviado às cimenteiras, para que possa ser utilizado nos fornos de clínquer. Neste caso as cimenteiras prestam serviço para as empresas de tratamento de resíduos queimando os resíduos e ao mesmo tempo aproveitando seu potencial calorífico para a produção de cimento. Em razão disso, é importante destacar que a interação

entre os blocos 2 e 3 na Figura 30 só existirá para a tecnologia de co-processamento.

### **5.2.1 –Análise Estrutural de Indústrias**

As empresas estudadas focam a diferenciação como estratégia de ação. A diferenciação é evidenciada pelo uso da multitecnologia (maior leque de opções de serviço), maior orientação aos clientes em relação ao ciclo de vida útil de seus resíduos e embalagens, parcerias com centros de pesquisa e universidades, propiciando o desenvolvimento de novas tecnologias.

### **5.2.2 – Poder de Negociação dos Fornecedores para o STRIS**

Observando a Figura 30, nota-se que os fornecedores (cimenteiras) existem apenas para a tecnologia de co-processamento. Além disso, é grande o poder de barganha das cimenteiras nas vendas de *blend*, que é matéria-prima para co-processamento, em função da oferta de *blend* ser superior à demanda exercida pelas cimenteiras. Entretanto, quando consideramos todo o Setor de Tratamento de Resíduos Industriais Sólidos, com as demais tecnologias de tratamento de resíduos esse poder de barganha é reduzido.

Ação do setor para se proteger: Há a possibilidade de enviar o *blend* para destinos alternativos, como por exemplo, fornos de cal, diminuindo assim a dependência da destinação aos fornos de cimento.

### **5.2.3 – Poder de Negociação dos Compradores para o STRIS**

Novamente, auxiliado pela Figura 30 e considerando o conceito de clientes como “compradores de serviços”, observa-se que o poder de barganha dos clientes é função direta de sua dimensão (porte). Dependendo do tamanho do comprador, da quantidade e da periodicidade de envio de resíduos, o comprador pode ter um poder de barganha maior ou menor. Os compradores desse setor também costumam definir, através de licitações e visitas técnicas,

qual o fornecedor oferece os serviços desejados em tempo hábil e com menores custos.

Outra exigência dos clientes está no respaldo legal em termos de responsabilidade ambiental, saúde e segurança ofertada pelas empresas de tratamento de resíduos industriais sólidos.

Ação do setor para se proteger: Desenvolvimento de novas tecnologias mais econômicas e ambientalmente seguras para tratamento de resíduos em parceria com centros de pesquisa e universidades e, adicionalmente, busca intensa por certificações das séries ISO 1400, 9000 e 18000 destinadas a melhorias em questões ambientais, de controle de qualidade e segurança respectivamente.

#### **5.2.4 – Ameaça de Novos Entrantes para o STRIS**

Com relação à ameaça de entrada para o setor em análise, observa-se que novas empresas surgem com certa facilidade, visto que o setor teve sua expansão recentemente. Entretanto, solidez, credibilidade e marca podem atuar como barreira de entrada de novos concorrentes, em razão da preferência de alguns clientes por empresas já estabelecida no mercado.

Adicionalmente, economias de escala ocorrem neste setor na medida em que os valores dos contratos variam em função da tecnologia contratada, da facilidade de manuseio e processamento do material e da quantidade que o cliente envia. Assim, quanto maior for o contrato, e conseqüentemente a dimensão das quantidades de resíduo, menores serão os custos de operação para uma mesma quantidade de resíduo processado.

Algumas empresas do setor de construção civil já estão vislumbrando no setor de tratamento de resíduos industriais sólidos uma nova oportunidade de mercado. Este é o caso do Grupo Odebrecht que adquiriu a Lumina, uma empresa de tratamento de resíduos, para tratar seu próprio resíduo gerado.

As empresas de reciclagem são também potenciais entrantes, principalmente na reciclagem de resíduos de tecnologia da informação (TI). Atualmente, não existe tecnologia capaz de processar os resíduos de TI. Eles são desmontados e cada parte recebe um destino. Este tipo de resíduo ainda aparece como um grande desafio no ramo de tratamento de resíduos.

Ação do setor para se proteger: As empresas mais antigas desse ramo, buscando o seu fortalecimento, promoveram fusões como foi o caso da TRIBEL – TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE BELFORD ROXO que surgiu da união da Bayer com a francesa Tredi; Formaram grupos/parcerias/associações, como foi o caso da CATARINENSE ENGENHARIA AMBIENTAL S.A., que surgiu da associação da Essencis Soluções Ambientais S.A., Construtora Purunã Ltda., Empreiteira Fortunato Ltda. e da ALAPE - Empreendimentos e Participações Ltda. Dessa forma, estando mais fortes, poderiam elevar o nível dos serviços prestados dificultando a entrada de novos concorrentes.

Adicionalmente, as empresas que não promoveram fusões ou formaram grupos/parcerias/associações, buscaram uma outra forma de se protegerem da entrada dos novos concorrentes. A solução encontrada foi expandir seu portfólio, embasado na multitecnologia. Este é o caso, por exemplo, da ESTRE - EMPRESA DE SANEAMENTO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS LTDA que além dos serviços de tratamento de resíduos convencionais ainda oferece consultoria ambiental, recomposição de áreas degradadas, projeto e execução de recuperação e adequação de lixões.

A diversificação dos serviços prestados como coleta, tratamento, disposição final e, em alguns casos, serviços de consultoria em projetos ambientais, funciona como uma barreira de entrada para os novos concorrentes. Isto porque força os novos entrantes a se adaptar a este novo modelo de fornecimento de serviços, exigindo investimentos iniciais mais pesados ou os obriga a escolherem apenas um dos mercados como tratamento de resíduos ou consultoria em projetos, por exemplo.

Além disso, foi considerada como barreira de saída o tratamento que se deve dar ao terreno onde as operações eram executadas, no caso de alguma empresa decidir sair do ramo. Esta barreira não está compreendida dentro do grupo de ações do setor para se defender da entrada de novos concorrentes, mas trata-se de uma exigência ambiental e requer custos que podem inibir a saída de uma empresa dependendo de sua situação financeira.

Outra alternativa, sempre buscada, para se defender de novos entrantes é reduzir os custos. Isto pode ocorrer de diversas formas como, por exemplo, através do gerenciamento de matérias-primas e uso otimizado do sistema. Entretanto, a redução de custos pode ocorrer quando as unidades de uma empresa tiverem condições de repartir os ativos intangíveis tais como marcas e “*know-how*”. O custo de criar um ativo intangível só precisa ser arcado uma única vez e o ativo pode, então, ser livremente aplicado em outro negócio, sujeito apenas a custos de adaptação ou modificação (PORTER, 1980).

#### **5.2.5 – Ameaça de Produtos ou Serviços Substitutos para o STRIS**

Para este segmento da indústria observa-se que as próprias empresas que são clientes poderiam se comportar como empresas oferecendo serviços substitutos, caso otimizassem seus processos de produção reduzindo o volume de resíduos produzidos. Desta forma, os serviços de uma empresa de Tratamento de Resíduos seriam substituídos por um avanço tecnológico no processo. Segundo relatório de Meio Ambiente da ABIQUIM, 2006, esta iniciativa já está acontecendo.

Adicionalmente, uma outra possibilidade de substituição seria uma integração para trás por parte dos clientes, considerando o fluxo de serviço na Figura 30. Assim, os clientes poderiam processar seus próprios resíduos. Porém, esta hipótese é dificultada pelos elevados custos fixos.

Ação do setor para se proteger: Desenvolvimento de competências com foco no cliente, a partir de novas técnicas para tratamento de resíduos com ótima relação custo/benefício, em parceria com centros de pesquisa e universidades,



ou com a entrada de seus funcionários em pós-graduações de modo a atender às necessidades dos clientes e tentar passar a imagem de que seus serviços não devem ser substituídos.

#### **5.2.6 - Rivalidade Entre as Empresas Existentes para o STRIS**

Não há liderança por preço. Os preços são estabelecidos de acordo com o tipo de insumo usado, tipo de tecnologia empregada, etc. Em outras palavras, cada empresa define sua tabela de preços independentemente, não havendo formação de cartel.

Não há relatos de retaliações rigorosas, em função do desenvolvimento recente do setor, o que parece apontar para uma baixa intensidade atual desta força.

#### **5.3 – Perspectivas Futuras**

Sabe-se que o Brasil, por estar localizado na América do Sul, está na rota planejada para expansão dos grandes *players* de tratamento de resíduos internacionais. Este fato requer atenção por parte das empresas brasileiras, uma vez que a disputa por mercado com grandes concorrentes internacionais se tornaria uma tarefa bastante difícil. Além disso, o presente trabalho constatou uma “movimentação” das indústrias brasileiras do setor, no sentido de se proteger de pressões externas de grandes *players* internacionais, bem como controlar pressões internas, originadas do mercado nacional.

#### **Segunda Etapa: Identificar as causas da fragmentação na indústria**

A fragmentação do STRIS pode ser atribuída aos seguintes fatores:

- No caso do STRIS brasileiro, nenhuma empresa possui uma parcela de mercado significativa nem pode influenciar fortemente o resultado da indústria;

- O STRIS se constitui, em sua maioria, de empresas de médio porte e todas de iniciativa privada;
- Barreiras de entrada pouco significativas;
- Custos de transporte elevados: neste caso os custos são elevados em função da carga ser um resíduo industrial, que muitas vezes, é perigoso;
- Custos de estoque elevados ou flutuações irregulares nas vendas: o custo de estoque também se torna elevado, pelo fato do material a ser estocado apresentar elevada periculosidade. Além disso, as vendas podem flutuar irregularmente em função da demanda que os fornos de cimento possuem pelo *blend*.
- Presença de normas locais: as normas ambientais vigentes influenciam fortemente a adoção de padrões que podem ser particularizados ou adequados ao cenário político local.

### **Terceira Etapa: Exame das causas da fragmentação**

Em razão do caráter fragmentado do STRIS, e de acordo com Porter (1980), foram verificadas algumas formas para a superação desta fragmentação como oportunidade estratégica:

- Gerar economias de escala: particularmente, isso já vem ocorrendo no STRIS através da implementação da multitecnologia. A multitecnologia consiste na utilização integrada de diversas tecnologias no tratamento e destinação final de resíduos industriais, oferecendo a melhor relação custo-benefício. As empresas de maior porte já ampliaram suas técnicas de tratamento e passaram a ofertar aos seus clientes soluções integradas de tecnologias diversas. Desta forma, é possível personalizar para cada resíduo a melhor tecnologia disponível a fim de realizar o tratamento e a destinação mais adequados às necessidades do cliente.

- Neutralizar ou eliminar os aspectos que mais contribuem para a fragmentação: neste caso a solução poderia ser elevar o porte das empresas, reduzir custos de transporte e custos de estoque. Para o caso da elevação do porte das empresas, percebe-se que no STRIS algumas empresas já surgem com grandes perspectivas de crescimento por serem criadas a partir de fusões/associações e/ou *joint-ventures* de grandes empresas pré-existentes. Quanto às reduções nos custos, para o caso dos custos de transportes, deve-se desenvolver formas mais baratas para transportar os resíduos ou implementar pontos de pré-tratamento próximos as fontes geradoras de resíduos perigosos, de modo a “diminuir” a periculosidade do resíduo com um pré-tratamento, e assim obter um barateamento de seu transporte. Quanto à redução dos custos de estoque, poderiam ser criadas formas alternativas de destinação de resíduos que enfrentem variações irregulares em suas vendas.
- Fazer aquisições para ganhar mercado: é de grande relevância deter uma parcela de mercado expressiva, principalmente para minimizar o poder dos compradores e/ou fornecedores. Além disso, caso se pretenda expandir os negócios em áreas onde os contatos locais são importantes nas vendas, seria interessante fazer aquisições / fusões / associações com empresas locais para obter êxito.

As estratégias apontadas acima, caso sejam implementadas com sucesso, podem conduzir o STRIS a um estado consolidado.

Além das formas de superação da fragmentação descritas anteriormente, Porter (1980) sugere outras formas para lidar com o caráter fragmentado, listadas a seguir:

- Descentralização firmemente administrada: as indústrias fragmentadas necessitam de intensa coordenação, orientação administrativa local e um rigoroso controle, sendo assim e buscando melhores resultados, em vez de aumentar a escala de produção em uma ou em algumas

instalações, pode-se promover a manutenção de operações individuais de menor escopo com a maior autonomia possível;

- Instalações “modelo”: caracteriza-se pela construção de instalações de custo baixo e eficientes em múltiplos locais, assim a empresa reduz seu investimento em relação à concorrência;
- Maior valor agregado: no caso do STRIS o aumento do valor agregado ao seu “produto” (serviço), pode vir de uma diferenciação de serviço, como a especialização de sua mão-de-obra proporcionando um serviço diferenciado e/ou, por exemplo, aumento do poder calorífico para resíduos destinados ao co-processamento, que acarretaria na sua maior valorização durante a venda;

#### **Quarta Etapa: Após a superação da fragmentação, caso seja possível, analisar se a futura estrutura da indústria produz retornos positivos**

A quarta etapa depende da resposta a seguinte pergunta: é possível vencer a fragmentação? Mesmo com as recomendações fornecidas na Terceira Etapa para a superação da fragmentação, ainda não é possível responder a tal pergunta em razão da carência de dados à disposição, tornando inviável num horizonte curto de tempo, afirmar se o setor irá superar o seu estado fragmentado. Sendo assim, passa-se para uma Quinta Etapa, conforme descrito a seguir.

#### **Quinta Etapa: Selecionar a melhor alternativa para enfrentar a estrutura fragmentada**

Supondo que em um curto espaço de tempo a superação da fragmentação não seria alcançada, deve-se estudar a melhor maneira de enfrentá-la. Sendo assim, esta etapa dedica-se ao estudo da melhor alternativa para enfrentar um ambiente limitado pelas características da fragmentação. Esta etapa nada mais é do que gerenciar as causas da fragmentação.

Abaixo estão listadas algumas alternativas sugeridas para o setor:

- Busca por novos mercados, como por exemplo, a construção civil e resíduos tecnológicos (resíduos de TI);
- Busca por novas tecnologias, que resultem em melhorias dos processos atualmente empregados, por meio de parcerias com universidade e centros de pesquisa;
- Busca por novos destinos para serviços que hoje estão concentrados em um único fornecedor. No caso do co-processamento, o *blend* poderia ser enviado para outro tipo de forno, tal como forno de cal, aumentando as possibilidades de destinação. Esta ação visa diminuir a restrição de envio de material (*blend*), exclusivamente, para fornos de cimento;
- Busca por diferenciação nos serviços com o objetivo de fidelizar os clientes, e se possível, reduzir seu poder de barganha. Como por exemplo o oferecimento e multitecnologia;

## **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO**

Após o estudo das características do setor de tratamentos de resíduos sólidos, alinhando as características percebidas pela investigação das principais empresas que compõem os segmentos no Brasil e os aspectos levantados utilizando o modelo de Porter, é possível obter algumas conclusões sobre a configuração atual dessa indústria e as possibilidades estratégicas que despontam como mais promissoras para as empresas que nela atuam.

Especificamente em relação ao cenário atual do conjunto de empresas, é possível perceber que as empresas se encontram divididas de acordo com sua abrangência de atuação. Nesta divisão, percebe-se que não existe uma decisão homogênea entre os concorrentes, visto que 38% da amostra analisada atua em diversos países (porte multinacional), 31% atua apenas em território nacional (porte nacional) e os 31% restantes atuam em determinadas localidades do país (porte regional). Todas apresentam uma certa diversificação, pois não se concentram apenas no mercado de resíduos industriais e uma vasta gama de clientes de perfil diferenciado, apesar de, no que tange os resíduos industriais, apresentarem em geral um mesmo portfólio de tecnologias. As empresas podem ser consideradas novas, pois vêm surgindo principalmente a partir da década de 90 devido ao aumento das restrições ambientais geradas pela legislação e maior fiscalização. As características apontam para uma estrutura industrial fragmentada, segundo a definição de Porter, o que aponta para uma necessidade de um estudo mais detalhado das estratégias para uma consolidação.

Da análise estrutural Porter, constatou-se duas forças de maior intensidade que poderiam oferecer ameaças às empresas de tratamentos de resíduos industriais: os clientes e os fornecedores de grande porte. Desta forma, aparece aqui uma questão relativa à cadeia de valor, pois são justamente as interações entre os agentes que mantêm relações de compra e venda que surgem como mais críticas no cenário atual. Considerando apenas o fluxo de serviços, existe a possibilidade de integração para trás por parte das

cimenteiras, em casos onde o resíduo tem especificação para aplicação direta no forno de cimento. Neste caso, a empresa geradora do resíduo pode transferir o mesmo diretamente para a cimenteira, sem a necessidade de passar pelo processo de blendagem. Este caso atinge apenas a tecnologia de co-processamento.

Dos aspectos levantados pelo estudo, é possível perceber que estratégias de diferenciação se mostram mais promissoras que estratégias de liderança em custo em função das peculiaridades do setor envolvido. As responsabilidades legais e sociais pressionam para a criação de cestas de serviços mais eficientes e capazes de alinhar as questões econômica, social e ambiental. O setor de tratamento de resíduos industriais sólidos aparece como um elo crítico de ligação entre a sociedade e a indústria no sentido de preservação da natureza.

O estudo mostra que é necessário intensificar as ações para diversificação das atividades, englobando também resíduos sólidos com grande potencial de mercado, tais como os resíduos de Tecnologia de informação (TI). O fato de atualmente não existir tecnologia capaz de processar tais resíduos, serve como estímulo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdalla, J. J. A.; Oliveira, J. A. P. **De lá pra cá ou de cá pra lá ? Transferência de tecnologia ambiental filial-matriz.** Rev. Cent. Admin., Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 58-65, ago. 2003.
2. Abiquim. Seminário: **Co-Processamento – Detinação Final de Resíduos em Fornos de Cimento.** VI FIMAI – Feira Internacional de Meio Ambiente Industrial, 2004.
3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004, Classificação de Resíduos Sólidos,** 2004.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005, Lixiviação de Resíduos Sólidos,** 2004.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006, Solubilização de Resíduos Sólidos,** 2004.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007, Amostragem de Resíduos Sólidos,** 2004.
7. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10175, Aterro de Resíduos Perigosos,** 1997.
8. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175, Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos; Padrões de desempenho – Procedimento,** 1990.
9. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896, Aterro de Resíduos Não-Perigosos,** 1997.
10. Alves, F. C. **Competências para inovar: Um estudo a partir da indústria de embalagens plásticas.** Tese de doutorado, EQ: Universidade Federal do Rio de Agosto, 2005.
11. Ambiental Pesquisas e Projetos em Meio Ambiente S/C Ltda. Disponível em <http://www.ambientaldobrasil.com.br/historico.htm>. Acesso em 08/2007.



12. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/>. Acesso em 09/2007.
13. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos - ABETRE. Disponível em <http://www.abetre.org.br>. Acesso em 09/2007.
14. Atkins, G. Integrating material and energy recycling, Wastes Manegement, 1993
15. Bianchini, A. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, p70-76, 2006..
16. Boa Hora Central de Tratamento de Resíduos Ltda. Disponível em <http://www.boahora.com.br>. Acesso em 08/2007.
17. Branco, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.
18. Brasil, A.M.; Santos, F. **Equilíbrio Ambiental & Resíduos na Sociedade Moderna**, São Paulo, p 130 a 139, 2004.
19. Calderoni, S. “Os Bilhões Perdidos no Lixo”, 3ª edição, Humanitas, 1999.
20. Carvalho, D.D. Notas de aula da professora Denize, 2007. Acesso em 09/11. Disponível em: <http://www..eq.ufrj.br>
21. Chandler, A. **The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business**. Cambridge: Harvard University Press, 1977.
22. Cláudio, J.R. **Problemas-Chave do Meio Ambiente**, Instituto de Geociências da UFBA, p 125 a 138, 1994.
23. Clean Service - Serviços Gerais Ltda. Disponível em <http://www.cleangestaoambiental.com.br/>. Acesso em 08/2007.
24. CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Disponível em <http://www.cnae.ibge.gov.br/>. Acesso em 10/2007.
25. Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE. Disponível em <http://www.cempre.org.br>. Acesso em 11/2007.

26. Corpo Técnico da CETESB. **Resíduos Sólidos Industriais**, São Paulo, 2. ed, p 11-27, 55-84, 133-204, 1992.
27. Davies, S. **Waste management multinationals 2002**; London, UK, February, 2002.
28. Decreto 8.468 – Art. 18 e 19, **Padrão de Emissão de Efluentes Aquosos**, 1976.
29. Essencis Soluções Ambientais S.A. Disponível em <http://www.essencis.com.br> . Acesso em 08/2007.
30. Estre Ambiental S/A. Disponível em <http://www.estre.com.br/br/servicos.html> – 08/2007.
31. The European Commission. **The EU Ecoindustry's Export Potential: Final Report to DGXI of the European Commission**, September 1999.
32. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em <http://www.fe.up.pt>. Acesso em 11/10.
33. Ferreira, P. T.; Mariano, S. R. H. **Estratégia Competitiva no Mundo Virtual: O Caso Americanas.com**. Anais do XXV ENAPAD, Campinas, SP, Setembro, 2001.
34. FIRJAN. **Manual de Gerenciamento de Resíduos**, Rio de Janeiro, p 04 - 23, 2006.
35. Gabai, I. Palestra: **Incineração de Resíduos Especiais**, Fiema, 2004. Disponível em <http://www.deq/ufpr/br>. Acesso em 09/2007
36. Guemawat, P. **Strategy and the Business Landscape**, New York: Wesley Longman, 1999.
37. Guimarães, M. **Educação ambiental: no consenso, um embate?**, 2000. Disponível em: <http://www.deq.ufpe.br>. Acesso em 10/2007
38. Gusmão, A.C. **Legislação e Responsabilidades Ambientais nas Empresas**. Diretoria de Inovação e Meio Ambiente do Sistema FIRJAN, 2007.

39. Lima, A.X. **Estudo de Viabilidade de uma Usina de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos**, Dissertação IEE/EP/IF/USP, 1994
40. Luftech Soluções Ambientais. Disponível em <http://www.luftech.com.br>. Acesso em 10/10.
41. Lumina Engenharia Ambiental Ltda. Disponível em <http://www.luminaambiental.com.br/empresa.asp>. Acesso em 08/2007.
42. Menezes, R.A.; Gerlach, J.L. **VII Seminário nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública**, 2000.
43. Oliveira, J.R. Seminário: **Resíduos Sólidos Industriais**, 2005. Disponível em [www.funcefetes.org.br](http://www.funcefetes.org.br). Acesso em 10/2007
44. Penrose, E., **The theory of the growth of the firm**, New York: John Wiley, 1959.
45. Porter, M. E. **Estratégia Competitiva – Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. Ed. Campus, 1980.
46. Public Services International Research Unit (PSIRU). School of Computing and Mathematical Sciences, University of Greenwich, Park Row London SE10 9LS U.K. 2002.
47. Reis, R.V.; Silveira, D.D. **Artigo: incineração de lixo sólido com aproveitamento de energia térmica e de resíduos**, 2000.
48. Resolução CONAMA nº 237, **dispõe sobre Licenciamento Ambiental**, 1997.
49. Resolução CONAMA nº 264, **dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividade de co-processamento de resíduos**, 1999.
50. Resolução CONAMA nº 316, **dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos**, 2002.
51. Resotec Soluções Ambientais – Holcim. Disponível em <http://www.resotec.com.br/>. Acesso em 09/2007.

52. Silcon Ambiental Ltda. Disponível em <http://www.silcon.com.br>. Acesso em 09/2007.
53. Sinergia Tecnologia em Resíduos. Disponível em <http://www.plastimassa.com.br/>. Acesso em 09/2007.
54. Tecnosol Comércio e Serviços Ltda. Disponível em <http://www.tecnosol.com.br/>. Acesso em 09/2007.
55. Tratamento de resíduos industriais. Envolverde – Revista Digital de Ambiente, Educação e Cidadania. 03 ago. 2007. Disponível em <http://envolverde.ig.com.br/>. Acesso em 20 ago. 2007
56. Tribel - Trat. de Resíduos Industriais de Belford Roxo. Disponível em <http://www.tribel.com.br/site.php?page=processamento>. Acesso em 08/2007.
57. Veolia Serviços Ambientais ou Onyx Resicontrol. Disponível em <http://www.veolia-ES.com.br>. Acesso em 09/2007.

**ANEXO - Base de dados.**  
**Empresas de Tratamento de Resíduos no Brasil - Parte 1/5**

<b>EMPRESA</b>	<b>AMBIENTAL PESQUISAS E PROJETOS EM MEIO AMBIENTE S/C LTDA</b>	<b>BOA HORA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS LTDA</b>	<b>CATARINENSE ENGENHARIA AMBIENTAL S.A.</b>
<b>ESCOPO</b>	Prestação de serviços na área de meio ambiente: tratamento, disposição de efluentes e destinação de resíduos.	Tratamento e gerenciamento de resíduos industriais das classes II (areias de fundição, lodo de estação de tratamento, sucatas de plástico) e III (entulhos, refratários, vidros, alguns tipos de plásticos e borrachas); destinação final de resíduos industriais e de serviços de saúde.	Central de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Industriais (Classes I e II).
<b>SERVIÇOS</b>	Co-Processamento de resíduos em fornos de cimento; Análises Laboratoriais (Águas e efluentes líquidos industriais; Resíduos Sólidos); Consultoria e Projetos.	Incineração (capacidade de incinerar até 300 toneladas/mês de resíduos de serviço de saúde); Aterro industrial Classe II (capacidade 20 ton/mês); Laboratório de monitoramento do produto final e estação de tratamento de efluentes (a empresa monitora os resíduos que são dispostos no aterro, bem como as águas do lençol freático, as águas das redondezas/superficiais, efluente físico-químico, cinzas do incinerador e lodo da ETE); Assessoria ambiental.	Aterro sanitário (Classes I e IIA e IIB), coleta domiciliar e hospitalar e Tratamento de Efluentes.
<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	Brasil - <b>Nacional</b>	Brasil (Mauá) - <b>Regional</b>	Brasil (Parque industrial de Joinville e região) - <b>Regional</b>
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Brasil (Paraná, São Paulo (escritório)) <b>1 unidade</b>	Brasil (Mauá, São Paulo) <b>1 unidade</b>	Brasil (Joinville, São Paulo) <b>1 unidade</b>
<b>FUNDAÇÃO</b>	1979	1991	2002
<b>ORIGEM</b>	Parceria, com a Companhia de Cimento Itambé, em Balsa Nova/PR, com a finalidade específica de destinar resíduos industriais através da tecnologia de co-processamento em forno de produção de clínquer.	Fundada para atender as indústrias e suas necessidades na destinação final de resíduos industriais e de serviços de saúde.	Associação da Essencis Soluções Ambientais S.A., Construtora Purunã Ltda., Empreiteira Fortunato Ltda. e da ALAPE - Empreendimentos e Participações Ltda.

<b>CLIENTES</b>	Empresas públicas, companhias de saneamento, prefeituras e indústrias diversas (alimentícias, farmacêuticas, mecânicas, metalúrgicas, mineradoras, químicas petroquímicas, têxteis, etc).	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos
<b>CERTIFICAÇÃO</b>	Certificado de credenciamento de laboratório, Certificado de manuseio e preparo de resíduos para co-processamento.	Sistema de gestão da qualidade da ISO 9001:2000 implantado, ISO 14001 e OSHAS 18001 em implantação e Credenciada pela CETESB	A exemplo de todas as Centrais de Tratamento de Resíduos da Essencis, a Catarinense Engenharia Ambiental é certificada conforme as normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004

**ANEXO - Base de dados.**

**Empresas de Tratamento de Resíduos no Brasil - Parte 2/5**

<b>EMPRESA</b>	<b>CLEAN SERVICE SERVIÇOS GERAIS LTDA</b>	<b>RESOTEC SOLUÇÕES AMBIENTAIS - HOLCIM</b>	<b>SINERGIA TECNOLOGIA EM RESÍDUOS</b>
<b>ESCOPO</b>	Serviços de coleta de entulho, resíduos domiciliares, industriais e hospitalar dispendo de uma unidade de tratamento de resíduos de serviço de saúde.	Gerenciamento, beneficiamento e disposição final de resíduos industriais.	Tratamento, estocagem e preparação de resíduos das classes I, IIA e IIB.
<b>SERVIÇOS</b>	Tratamento, coleta e transporte de resíduos diversos. Gestão Total de Limpeza Urbana: desde varrições de ruas até o tratamento de lixo perigoso. Limpeza e Conservação de Áreas Internas e Externas. Incineração (capacidade 400 Kg/h). Tratamento e descontaminação de lâmpadas.	Co-processamento, caracterização, manuseio, transporte, acondicionamento adequado, obtenção de licenças e emissão de CDT (Certificado de Destruição Térmica)	Implantação de coleta seletiva, reciclagem, recolhimento de resíduos, treinamento e palestras profissionais, controle ambiental, destinação de resíduos
<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	Região metropolitana de Belém - <b>Regional</b>	Brasil (ES, MG, SP e RJ), ligada a um grupo suíço (Holcim Ltd) - <b>Multinacional</b>	Brasil (Magé - RJ) - <b>Regional</b>
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Brasil (Belém, Pará) <b>1 unidade</b>	ES, MG, SP e RJ, possui <b>12 unidades</b> entre estações de tratamento de resíduos e fábricas de cimento	Brasil (Magé - RJ) <b>1 unidade</b>
<b>FUNDAÇÃO</b>	1998	1999	1996
<b>ORIGEM</b>	Criação/desenvolvimento individual.	É uma divisão da Holcim Brasil especializada no gerenciamento, beneficiamento e disposição final de resíduos industriais.	Criação/desenvolvimento individual.
<b>CLIENTES</b>	Setor Público: 17 municípios do Estado do Pará. Setor privado: hospitais, clínicas, consultórios, supermercados, restaurantes, hotéis e condomínios, totalizando mais de 350 clientes.	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos.	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos.

---

**CERTIFICAÇÃO**

Possui diversas licenças para:  
coleta e transp de res. de saúde;  
Incineração de res. de saúde;  
Transp. rodoviário de prod.  
perig.;Incinerador para res.  
pesados/oleosos;  
Coleta/Transp/Dest. Final de res.  
org.; Serviços de limp. e  
higienização em geral;  
Fornecimento/transp. de cinzas.

Certificação ISO 9001 e ISO  
14001, além de OSHAS  
18001

Licenciada pela FEEMA e pelo  
IBAMA.  
Certificação ISO 9001 e 14001 - 2005

---



**ANEXO - Base de dados.**

**Empresas de Tratamento de Resíduos no Brasil - Parte 3/5**

<b>EMPRESA</b>	<b>TECNOSOL COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA</b>	<b>SILCON AMBIENTAL LTDA</b>	<b>ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS S.A.</b>
<b>ESCOPO</b>	Serviços de destinação final de resíduos industriais, no sistema TWM (Total Waste Management) que utiliza multitecnologias consagradas, tais como, Co-processamento em fornos de cimento, aterros industriais/domésticos, incineradores estáticos/rotativos e reciclagem. Resíduos de Classe I e II.	Atuação na área de engenharia ambiental, especializada no tratamento e destinação final de resíduos e na produção de biomassa.	Tratamento e disposição final de resíduos industriais classes I e II.
<b>SERVIÇOS</b>	Co-processamento, Aterro, Incineração, reciclagem, além dos serviços relacionados com as exigências técnicas e legais da Destinação, que envolvem: caracterizações físico-químicas, licenças e/ou autorizações, transporte, logística e mão-de-obra especializada.	Co-processamento, incineração, esterilização, tratamento fitossanitário, produção de biomassa e tratamento de resíduos perigosos.	Co-processamento de resíduos; incineração; inertização; aterros industriais (Classes I e II); biorremediação de solos.
<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	Brasil (Mauá) - <b>Regional</b>	Brasil - <b>Nacional</b>	Brasil - <b>Nacional</b>
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Brasil (Mauá-SP) <b>1 unidade</b>	Brasil (São Paulo (sede) e filiais em Mauá-SP, Paulínia-SP, Juquiá-SP, Santos-SP, Cachoeiro de Itapemirim-ES, Bauru-SP e Encruzilhada do Sul-RS) <b>7 unidades</b>	Brasil (SP, MG, RJ, SC e PR) <b>5 unidades</b>
<b>FUNDAÇÃO</b>	1992	1995	2000
<b>ORIGEM</b>	<b>Não foi possível obter informação</b>	Criação/desenvolvimento individual	A empresa é o resultado de <i>joint venture</i> da Vega Engenharia Ambiental S.A., uma empresa do grupo Suez/SITA (França), com a Cavo, uma empresa do grupo Camargo Corrêa.
<b>CLIENTES</b>	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos.	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos.	Empresas privadas e públicas de diversos segmentos.

---

<b>CERTIFICAÇÃO</b>	Licença de Operação N° FE004085 (emitida pelo órgão ambiental estadual do Rio de Janeiro – FEEMA), Certificado do Ibama Registro N° 22498, AFE Anvisa, entre outras	<b>Não foi possível obter informação</b>	Certificação ISO 9001 e ISO 14001, pelo órgão BSI Management Systems.
---------------------	---	--	---

---

**ANEXO - Tabela representativa da base de dados.**  
**Empresas de Tratamento de Resíduos no Brasil - Parte 4/5**

EMPRESA	ESTRE-EMPR. DE SANEAMENTO E TRAT. DE RESÍDUOS LTDA ou CDR PEDREIRA - CENTRO DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS LTDA	LUMINA ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA	TRIBEL- TRAT. DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE BELFORD ROXO
<b>ESCOPO</b>	Disposição, tratamento e gerenciamento ambiental de resíduos (gestão de resíduos sólidos), operação de centrais para a recepção e disposição final de resíduos classe II e tratamento de áreas degradadas.	Prestação de serviços e soluções ambientais.	Serviços de tratamento de resíduos. Complexo Industrial composto por estação de tratamento de efluentes industriais, por um forno rotativo, um forno estático e por um aterro industrial.
<b>SERVIÇOS</b>	Disposição Final em Aterros Sanitários (Classes II A e IIB). Remoção e Transporte de Resíduos. Consultoria Ambiental. Recomposição de Áreas Degradadas. Projeto, Execução de Recuperação e Adequação de Lixões. Tratamento de resíduos: Remediação de Solo e Águas Subterrâneas e Gerenciamento para Co-Processamento	Gestão de resíduos urbanos e industriais (uso de incineração), diagnóstico e recuperação de áreas contaminadas, reuso de águas utilizadas e implementação e operação de estações de tratamento de esgoto.	Co-processamento, Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, Incinerador ( capacidade de 7.000 toneladas/ano), Forno Estático e Aterro Industrial. Tratamento e disposição final de resíduos.
<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	Brasil e mercados estratégicos na América do Sul (Argentina e Uruguai) - <b>Multinacional</b>	Brasil, Portugal, Estados Unidos e Angola - <b>Multinacional</b>	Brasil - <b>Nacional</b>
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Brasil (São Paulo - Região Metropolitana de Campinas, de Santos e da capital São Paulo) <b>5 unidades</b>	Brasil (SP, RJ, BA e ES) <b>4 unidades</b>	Brasil (Belford Roxo - Rio de Janeiro) <b>1 unidade</b>
<b>FUNDAÇÃO</b>	1999	2005	2001
<b>ORIGEM</b>	Criação/desenvolvimento individual.	Subsidiária do grupo Odebrecht S.A.	Resultado da união da Bayer com a francesa Tredi.
<b>CLIENTES</b>	Empresas privadas, públicas e de serviços de saúde.	Empresas privadas, públicas e de serviços de saúde.	Empresas privadas, públicas e de serviços de saúde.
<b>CERTIFICAÇÃO</b>	ISO 14001	ISO 14000:2002 ISO 14001:1999 OSHAS 18001:2002	ISO 9001, ISO 14001, OSHAS 18001

**ANEXO - Tabela representativa da base de dados.**  
**Empresas de Tratamento de Resíduos no Brasil - Parte 5/5**

<b>EMPRESA</b>	<b>VEOLIA SERVIÇOS AMBIENTAIS ou ONYX RESICONTROL</b>
<b>ESCOPO</b>	Prestação de serviços e soluções ambientais, tratamento e disposição final de resíduos urbanos e industriais Classes I e II, serviços laboratoriais.
<b>SERVIÇOS</b>	Co-processamento em fornos de produção de clínquer (Cimenteiras) e sistemas de armazenamento temporário. Limpeza e descontaminação de tanques e dutos, remediação de áreas contaminadas. Serviços ambientais ligados a coleta, transporte, reciclagem, tratamento, valorização e disposição final de resíduos urbanos e industriais e análises laboratoriais
<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	Está presente em mais de 35 países e conta com mais de 80 mil colaboradores - <b>Multinacional</b>
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	No Brasil conta com <b>3 unidades</b> de operação localizadas em Tremembé, Sorocaba e São Paulo.
<b>FUNDAÇÃO</b>	1997
<b>ORIGEM</b>	Pertence ao Grupo Veolia Environnement, que atua no mercado há 150 anos e é líder mundial em serviços e soluções voltadas ao meio ambiente. O grupo foi fundado na França, atualmente está presente em cerca de 100 países, conta com mais de 270 mil colaboradores no mundo todo e atingiu um faturamento de 28,6 bilhões de Euros em 2006. Única empresa global a oferecer uma gama completa de serviços ambientais nos segmentos de água, energia, gerenciamento de resíduos e transporte. A ONYX é a divisão do Grupo VEOLIA Environnement (existente há 150 anos e presente em mais de 80 países, com cerca de 310 mil colaboradores) que cuida de serviços ambientais ligados a resíduos urbanos e industriais.
<b>CLIENTES</b>	Empresas privadas e do poder público, com grande mix de clientes.
<b>CERTIFICAÇÃO</b>	ISO 14001 e licença para armazenamento temporário concedido pela CETESB.