

SÉRGIO EDUARDO ZORDAN

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção
do Título de Doutor em Engenharia.

São Paulo
2003

OK

SÉRGIO EDUARDO ZORDAN

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção
do Título de Doutor em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia de Construção Civil

Orientador:
Professor Associado
Vanderley Moacyr John

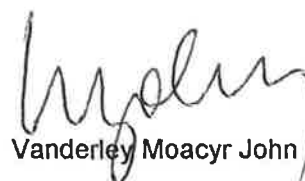
São Paulo
2003

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 28 de outubro de 2003.



Sérgio Eduardo Zordan



Vanderley Moacyr John

Zordan, Sérgio Eduardo
Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de
resíduos / Sérgio Eduardo Zordan. – São Paulo, 2003.
464 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Reciclagem de resíduos I. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil
II.t.

“Se não fomos agraciados com um conhecimento instintivo que nos mostre o que fazer para que nosso mundo regido pela tecnologia seja um ecossistema seguro e equilibrado, devemos descobrir como fazê-lo. Precisamos de mais pesquisa científica e mais controle tecnológico. É provavelmente muito cômodo esperar que um grande Zelador do Ecossistema venha à Terra e corrija os nossos abusos ambientais. Cabe a nós a tarefa.

Não deve ser tão difícil assim. Os pássaros – cuja inteligência tendemos a denegrir – sabem o que fazer para não sujar o ninho. Os camarões, com cérebros do tamanho de partículas de fiapos, sabem o que fazer. As algas sabem. Os microorganismos unicelulares sabem. Já é hora de sabermos também.”

Carl Sagan,
“Bilhões e Bilhões”: reflexões sobre vida e morte na virada do milênio” (1997)

Este trabalho é dedicado à Natália, que participou de todos os momentos desta jornada, com companheirismo, paciência e estímulo.

AGRADECIMENTOS

À minha namorada, minha família e amigos, que foram privados da minha presença e atenção em muitos momentos durante este trabalho.

Ao Prof. Dr. Vanderley John pela orientação e direcionamento no trabalho.

Ao Prof. Dr. Vahan Agopyan pela orientação e incentivo no período de ausência do orientador.

À Prof.a. Dra. Marial Alba Cincotto que por muitas vezes orientou e contribuiu para o andamento desta pesquisa.

Aos colegas Ailton dos Santos e Sérgio Ângulo pelo auxílio, companheirismo e parceria no desenvolvimento deste trabalho.

Aos pesquisadores, especialistas e profissionais que foram entrevistados ou consultados durante esta pesquisa.

Aos meus colegas de trabalho Cid Vieira, Luiz Pinho e Juliano Cardoso pela compreensão em compatibilizar este trabalho com meu emprego neste último ano.

Às pessoas que fizeram parte da minha vida acadêmica nestes últimos anos como Alexandre, Juliana, Ranieri, Gilson, Vanessa, Janaina, Maurício, Max, entre outros, que contribuíram para meu crescimento pessoal e para este trabalho.

Aos funcionários administrativos que se mostraram sempre prestativos, como Engrácia, Fátima, Cristina, Alcione, Paulo, Patrícia, Edson, entre outros.

Aos funcionários e técnicos dos laboratórios que auxiliaram os trabalhos experimentais como Dorval, Reginaldo, João, Adilson, Édson e Erasmo.

À FAPESP, CNPq e FINEP pelo financiamento desta pesquisa.

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para que esta pesquisa tenha sido realizada.

RESUMO

Esta pesquisa propõe uma metodologia para avaliar o potencial de reciclagem de resíduos e indicar as aplicações mais sustentáveis, considerando aspectos econômicos, de mercado, ambientais e de risco à saúde humana. A idéia central é avaliar o uso do resíduo baseado em suas características e propriedades físico-químicas e, a partir disso, identificar áreas potenciais que possam absorvê-lo da forma mais sustentável possível. A avaliação da aplicabilidade foi realizada com base em requisitos identificados por especialistas de diversas áreas. A metodologia foi testada para avaliar o potencial de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto e dos resíduos de construção e demolição (RCD).

Palavras chave: reciclagem, resíduos, metodologia, desenvolvimento sustentável, resíduo de construção e demolição, lodo de esgoto.

ABSTRACT

This research suggests a methodology to evaluate the recycling potential of waste products and to indicate the most sustainable applications regarding economical, market, environmental and hazard to human health aspects. The main idea is to evaluate the use of the waste based on its physico-chemical characteristics and properties, and then, to identify potential areas to absorb them, through sustainable processes. The evaluation of the applicability has been based on requirements identified by specialists from several areas. The methodology has been applied to evaluate the recycling potential of sewage sludge wastes and construction and demolition wastes (CDW).

Keys words: recycling, wastes, methodology, sustainable development, construction and demolition wastes, sewage sludge

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA..... 11

1.1	HIPÓTESES ADOTADAS	17
1.2	TESE	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	<i>Objetivos gerais</i>	18
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 21

2.1	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.....	22
2.2	RISCOS DA RECICLAGEM.....	26
2.3	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM RECICLAGEM	28
2.4	NECESSIDADE DE METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR.....	32
2.5	ANÁLISE TÉCNICA.....	39
2.6	AVALIAÇÃO AMBIENTAL	40
2.6.1	<i>Impacto ambiental</i>	41

2.6.2	<i>Lixiviação de contaminantes</i>	43
2.6.2.1	Métodos de avaliação da lixiviação	44
2.7	AVALIAÇÃO DE SAÚDE OCUPACIONAL	46
2.8	AVALIAÇÃO ECONÔMICA E DE MERCADO.....	48
2.8.1	<i>O ciclo de vida do sistema de reciclagem</i>	48
2.8.2	<i>O mercado como fator decisivo</i>	49
2.8.3	<i>Parâmetros a serem analisados</i>	50
2.8.4	<i>Análise de mercado</i>	58
2.9	FERRAMENTAS ÚTEIS À METODOLOGIA	61
2.9.1	<i>Sistema especialista</i>	61
2.9.2	<i>Análise Hierárquica</i>	64
2.9.3	<i>Análise do Ciclo de Vida (ACV)</i>	69
2.9.3.1	Adequabilidade ao estudo.....	70
2.9.4	<i>Análise de Risco</i>	72
2.9.4.1	Técnicas de Incidentes Críticos (TIC).....	73
2.9.4.2	What – IF /Checklist (WIC).....	74
2.9.4.3	Análise de Modos de Falha e Efeito (AMFE)	74
2.9.4.4	Análise de Operabilidade e Perigos (HAZOP)	74
2.9.4.5	Análise de Árvore de Eventos (AAE)	75
2.9.4.6	Análise de Árvore de Falhas (AAF).....	75
2.9.4.7	Análise Preliminar de Riscos (APR).....	76

CAPÍTULO 3 MÉTODO DE TRABALHO

3.1	CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	80
3.2	PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA	82
3.2.1	<i>Atendimento ao Princípio 1</i>	83
3.2.2	<i>Atendimento ao Princípio 2</i>	83
3.2.3	<i>Atendimento ao Princípio 3</i>	84
3.3	DIRETRIZES DA METODOLOGIA	85
3.4	HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	86
3.5	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	88

3.5.1	<i>Etapa 1 – Coleta de dados</i>	88
3.5.1.1	Estudo do conhecimento.....	89
3.5.1.2	Análise da geração e gestão do resíduo.....	90
3.5.1.3	Procedimentos de coleta.....	91
3.5.1.4	Caracterização do resíduo.....	92
3.5.1.5	Geração do Dossiê do resíduo.....	97
3.5.2	<i>Etapa 2 – Consulta a especialistas</i>	97
3.5.2.1	Verificação do interesse pelo resíduo.....	98
3.5.2.2	Definição das razões do interesse.....	100
3.5.2.3	Definição de ensaios a serem realizados.....	100
3.5.2.4	Especificação dos sistemas de reciclagem.....	101
3.5.3	<i>Etapa 3 – Avaliação dos sistemas de reciclagem</i>	101
3.5.3.1	Avaliação ambiental dos sistemas.....	102
3.5.3.2	Avaliação de saúde ocupacional dos sistemas.....	103
3.5.3.3	Avaliação econômica e de mercado.....	103
3.5.4	<i>Etapa 4 – Seleção das alternativas sustentáveis</i>	104
3.5.4.1	Análise Hierárquica.....	104
3.5.5	<i>Etapa 5 – Confirmação da possibilidade de uso</i>	105
3.5.5.1	Realização dos ensaios para a confirmar o uso na área.....	106
3.5.5.2	Verificação da possibilidade de uso do resíduo.....	106
3.5.5.3	Definição de novos parâmetros a serem utilizados.....	107
3.6	ESTRUTURA PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE.....	107
3.6.1	<i>Identificação dos processos no sistema de reciclagem</i>	108
3.7	AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	111
3.7.1	<i>Identificação dos aspectos ambientais</i>	111
3.7.1.1	Definições adotadas.....	112
3.7.1.2	Simplificações adotadas.....	112
3.7.1.3	Fronteiras do sistema.....	113
3.7.1.4	Balanco energético e de materiais.....	114
3.7.1.5	Análise do inventário.....	115
3.7.2	<i>Identificação dos impactos ambientais</i>	117
3.7.3	<i>Potencial de Ocorrência dos Aspectos</i>	120

3.7.3.1	Processos/ atividades a serem avaliados.....	120
3.7.3.2	Mensuração do potencial de ocorrência do aspecto	121
3.7.4	<i>Significância dos impactos e aspectos ambientais</i>	122
3.7.5	<i>Mensuração do desempenho ambiental</i>	124
3.8	AVALIAÇÃO DE SAÚDE OCUPACIONAL	124
3.8.1	<i>Análise dos riscos</i>	125
3.8.2	<i>Análise Preliminar de Riscos</i>	126
3.8.2.1	Classificação das atividades do sistema	126
3.8.2.2	Identificação dos perigos significativos	127
3.8.2.3	Determinação do grau de risco	128
3.9	AVALIAÇÃO ECONÔMICA E DE MERCADO	133
3.9.1	<i>Avaliação Econômica</i>	135
3.9.1.1	Custos com investimentos iniciais	135
3.9.1.2	Custos de Transporte	136
3.9.1.3	Custos Operacionais	137
3.9.1.4	Custos Ambientais.....	138
3.9.1.5	Outros Custos.....	140
3.9.2	<i>Análise de Mercado</i>	141
3.9.2.1	Concorrência com outros produtos	141
3.9.2.2	Inovações tecnológicas	142
3.9.2.3	Incentivos aos produtos/ processos de reciclagem	143
3.9.2.4	Demanda para o produto reciclado.....	144
3.9.2.5	Aspectos do sistema produtivo	145

CAPÍTULO 4 ESTUDOS DE CASOS..... 147

4.1	ETAPA 1 – COLETA DE DADOS	149
4.1.1	<i>Estudo do conhecimento</i>	149
4.1.1.1	TEB	150
4.1.1.2	RCI	151
4.1.2	<i>Análise da geração e gestão do resíduo</i>	153
4.1.3	<i>Procedimentos de coleta</i>	155

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ALTERNATIVAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	23
FIGURA 2 – REUSO, A RECICLAGEM E A REVALORIZAÇÃO (MODIFICADO DE SILVA, 2001)	24
FIGURA 3 – EXEMPLO DE NÍVEIS DE ATRIBUTOS A SEREM CONSIDERADOS NUMA AH.....	68
FIGURA 4 - FORMAS ALTERNATIVAS DE GERENCIAMENTO PARA UM RESÍDUO.....	81
FIGURA 5 – MODELO PARA DETERMINAR POSSIBILIDADES TÉCNICAS DE USO PARA OS RESÍDUOS.....	83
FIGURA 6 – MODELO PARA AVALIAR A SUSTENTABILIDADE DAS APLICAÇÕES	84
FIGURA 7 – ETAPAS DA METODOLOGIA	88
FIGURA 8 – ETAPA 1 – COLETA DE DADOS.....	89
FIGURA 9 – SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA INDICAR O “DOSSIÊ DO RESÍDUO”	97
FIGURA 10 – ETAPA 2 – CONSULTA À ESPECIALISTAS.....	98
FIGURA 11 – ETAPA 3 – AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM	102
FIGURA 12 – ETAPA 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS	104
FIGURA 13 – ETAPA 5 – CONFIRMAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE USO	106
FIGURA 14 – TIPOS DE PROCESSOS NUM SISTEMA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS	108
FIGURA 15 - FRONTEIRAS DO SISTEMA DE RECICLAGEM PARA A ACV.....	114
FIGURA 16 –BALANÇO ENERGÉTICO E DE MASSA (ADAPTADO DE TSHUDY, 1996).....	115
FIGURA 17 – ATIVIDADES ANALISADAS NOS PROCESSO DO SISTEMA DE RECICLAGEM.....	116
FIGURA 18 - FRONTEIRAS DO SISTEMA DE RECICLAGEM PARA A ACV.....	127
FIGURA 19 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE BARUERI	148
FIGURA 20 - USINA DE RECICLAGEM DE ITAQUERA	149
FIGURA 21 – ETAPA 1	149
FIGURA 22 – DETALHES DA GERAÇÃO DA TORTA DO TRATAMENTO DE ESGOTOS DE BARUERI: (A) DIGESTORES DE LOGO (B) FILTRO PRENSA.	154
FIGURA 23 – DETALHE DA TORTA DO TRATAMENTO DE ESGOTO	155
FIGURA 24 – PILHA DE HOMOGENEIZAÇÃO DE RCD	156
FIGURA 25 – RESÍDUOS COLETADOS NA USINA DE RECICLAGEM DE ITAQUERA	156
FIGURA 26 – ETAPA 2.....	165
FIGURA 27 – CURVA DE COMPACTAÇÃO PARA O RCI.....	172
FIGURA 28 – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO RESÍDUO COMPACTADO	173
FIGURA 29 – RESISTÊNCIA CBR	174

FIGURA 30 – ETAPA 3.....	176
FIGURA 31 – ETAPA 4.....	188
FIGURA 32 – ETAPA 5 – CONFIRMAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE USO.....	191
FIGURA 33 – ETAPA 1 – COLETA DE DADOS.....	199
FIGURA 34 – ETAPA 2 – CONSULTA À ESPECIALISTAS.....	200
FIGURA 35 – ETAPA 3 – REALIZAÇÃO DE ENSAIOS EXTRAS.....	202
FIGURA 36 – ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM.....	202
FIGURA 37 – ETAPA 5 – HIERARQUIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS POTENCIAIS.....	203
FIGURA 38 - MOMENTO DE APLICAÇÃO DOS ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO	235
FIGURA 39 - SEQÜÊNCIA DOS ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO	235

4.1.4	<i>Caracterização dos resíduos</i>	157
4.1.4.1	TEB.....	157
4.1.4.2	RCI.....	160
4.1.5	<i>Geração do “Dossiê do Resíduo”</i>	164
4.2	ETAPA 2 – CONSULTA À ESPECIALISTAS.....	164
4.2.1	<i>Verificação do Interesse pelo resíduo</i>	168
4.2.2	<i>Definição das razões do interesse pelo resíduo</i>	169
4.2.3	<i>Ensaio adicionais a serem realizados</i>	171
4.2.4	<i>Especificação dos sistemas de reciclagem</i>	174
4.3	ETAPA 3 – AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM.....	175
4.3.1	<i>Avaliação ambiental</i>	176
4.3.2	<i>Avaliação de saúde ocupacional</i>	179
4.3.3	<i>Avaliação econômica e de mercado</i>	181
4.3.3.1	Avaliação de mercado.....	181
4.3.3.2	Avaliação econômica.....	184
4.4	ETAPA 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS.....	188
4.4.1	<i>Exemplo de Hierarquias para os Sistemas Avaliados</i>	190
4.5	ETAPA 5 – CONFIRMAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE USO.....	190

CAPÍTULO 5 DISCUSSÃO..... 193

5.1	CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA.....	194
5.1.1	<i>Precisão</i>	194
5.1.2	<i>Utilidade</i>	195
5.2	OBJETIVOS ATINGIDOS.....	196
5.2.1	<i>Objetivos gerais</i>	196
5.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	196
5.3	TESE COMPROVADA.....	197
5.4	ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS.....	198
5.5	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	203
5.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	204

5.6.1	<i>Análise Técnica (Identificação de alternativas de reciclagem)....</i>	205
5.6.2	<i>Análise Econômica.....</i>	206
5.6.3	<i>Análise de Mercado.....</i>	206
5.6.4	<i>Análise Ambiental e de Saúde Ocupacional.....</i>	207
5.6.5	<i>Limites de avaliação x tecnologia de informação</i>	208
5.6.6	<i>Gerenciamento e Manutenção da Metodologia</i>	209
5.6.7	<i>Receptividade.....</i>	209
5.6.8	<i>Mudança de paradigma.....</i>	210

CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES..... 213

6.1	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	217
-----	---	-----

ANEXO A

	O MECANISMO DA LIXIVIAÇÃO.....	219
--	---------------------------------------	-----

ANEXO B

	ESPECIALISTAS CONSULTADOS	225
--	--	-----

ANEXO C

	CENÁRIOS PARA AVALIAÇÃO DA LIXIVIAÇÃO NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS - P&D	229
--	--	-----

ANEXO D

	ANÁLISE DO INVENTÁRIO	237
--	------------------------------------	-----

ANEXO E

EXEMPLOS DE OCORRÊNCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS

AMBIENTAIS243

ANEXO F

AUXÍLIO NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DOS

ASPECTOS.....247

ANEXO G

CLASSIFICAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS..... 251

ANEXO H

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO265

ANEXO I

CLASSIFICAÇÃO DOS PERIGOS À SAÚDE HUMANA.....271

ANEXO J

DOSSIÊ DOS RESÍDUOS281

ANEXO K

RESULTADOS DAS ANÁLISES DO RESÍDUO ETE..... 309

ANEXO L

RESULTADOS DAS ANÁLISES DO RESÍDUO RCI..... 319

ANEXO M

FICHAS DE ENTREVISTAS ANTIGAS 353

ANEXO N

RESULTADOS DAS CONSULTAS AOS ESPECIALISTAS 365

ANEXO O

CÁLCULO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE
RECICLAGEM..... 435

CAPÍTULO 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 439

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ASPECTOS AMBIENTAIS E SEUS RESPECTIVOS IMPACTOS.....	119
TABELA 2 – PROCESSOS/ ATIVIDADES CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL.....	121
TABELA 3 - AVALIAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA DOS IMPACTOS E ASPECTOS AMBIENTAIS	123
TABELA 4 – MENSURAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO SISTEMA DE RECICLAGEM. .	124
TABELA 5 – CAUSAS DOS PERIGOS E PRINCIPAIS DANOS ASSOCIADOS	128
TABELA 6 – CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DA GRAVIDADE DO DANO	130
TABELA 7 – CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DO DANO SER GERADOS...	131
TABELA 8 – DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO	131
TABELA 9 – CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS À SAÚDE EM PROCESSOS DE RECICLAGEM	132
TABELA 10 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO RESÍDUO TEB	158
TABELA 11 – RESULTADO DA ANÁLISE QUÍMICA DO RESÍDUO TEB.....	158
TABELA 12 – PODER CALORÍFICO DO RESÍDUO TEB	159
TABELA 13 – MASSA BRUTA, LIXIVIAÇÃO E SOLUBILIZAÇÃO DO RESÍDUO TEB	160
TABELA 14 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO RESÍDUO RCI.....	161
TABELA 15 – RESUMO DA ANÁLISE QUÍMICA DO RESÍDUO RCI	162
TABELA 16 – VALORES EXTRAPOLADOS NO ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO - RCI.....	162
TABELA 17 – ANÁLISE MINERALÓGICA DO RESÍDUO RCI – ROCHAS	163
TABELA 18 – ANÁLISE MINERALÓGICA DO RESÍDUO RCI – CERÂMICOS	163
TABELA 19 – ANÁLISE MINERALÓGICA DO RESÍDUO RCI – ARGAMASSAS.....	164
TABELA 20 – SETORES E ÁREAS DOS ESPECIALISTAS CONSULTADOS	165
TABELA 21 – PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS NA RECICLAGEM DO TEB.....	170
TABELA 22 – PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS NA RECICLAGEM DO RCI.....	170
TABELA 23 – OCORRÊNCIA DOS ASPECTOS NOS SISTEMAS DE RECICLAGEM ANALISADOS – TEB.....	177
TABELA 24 – OCORRÊNCIA DOS ASPECTOS NOS SISTEMAS DE RECICLAGEM ANALISADOS - RCI.....	177
TABELA 25 – SIGNIFICÂNCIA DOS ASPECTOS AMBIENTAIS	178
TABELA 26 – HIERARQUIA DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM - CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL - TEB.....	178
TABELA 27 – HIERARQUIA DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM - CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL - RCI.....	179

TABELA 28 – EXEMPLO DO CÁLCULO DO RISCO PARA RUÍDOS PARA O ESPECIALISTA APR1	179
TABELA 29 – RISCOS ENVOLVIDOS COM OS PERIGOS	180
TABELA 30 – RISCOS DE SAÚDE DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM - TEB	180
TABELA 31 – RISCOS DE SAÚDE DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM – RCI	181
TABELA 32 – RESUMO DA AVALIAÇÃO DE MERCADO – TEB.....	182
TABELA 33 – RESUMO DA AVALIAÇÃO DE MERCADO - RCI.....	183
TABELA 34 – RESUMO DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - TEB	184
TABELA 35 – ANÁLISE HIERÁRQUICA DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - TEB	185
TABELA 36 – RESUMO DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - RCI.....	186
TABELA 37 – ANÁLISE HIERÁRQUICA DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - RCI	187
TABELA 38 – RESUMO DAS AVALIAÇÕES DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM – TEB.....	189
TABELA 39 – RESUMO DAS AVALIAÇÕES DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM – RCI.....	189

Capítulo 1

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A vida na forma como a conhecemos requer basicamente matéria e energia para sua manutenção. O fato de não ser possível que a matéria seja consumida até sua aniquilação (MILLER, 2000) resulta na geração de resíduos em todas as atividades dos seres vivos. Dessa forma, o Homem sempre gerou algum tipo de resíduo durante a realização de suas atividades.

Com o passar do tempo, fatores como a revolução industrial, o desenvolvimento econômico e tecnológico, o crescimento e a concentração populacional foram alterando a qualidade e a quantidade desses resíduos gerados. Isto acabou criando – tanto para as empresas como para o poder público – um cenário atual de grandes dificuldades no gerenciamento desses materiais, em razão principalmente do aumento da quantidade gerada e da complexidade de tratamento de alguns resíduos.

Em grandes empresas multinacionais, a área ambiental tem recebido atenção especial nesta última década, passando a ocupar posições de direção e a orientar decisões de produção e vendas (MEIO CIRCULANTE, 2000).

Motivado principalmente por questões legais e de mercado, este movimento tem trazido mudanças positivas no desempenho ambiental destas empresas e de suas concorrentes, que vêm despontando à frente dos organismos ambientais nacionais que, ao contrário, segundo GAZETA MERCANTIL (2000a), não conseguem atender às demandas, são lentos, burocráticos e despreparados¹. No entanto, muitas empresas ainda possuem muito trabalho pela frente.

Vários acidentes e danos ambientais ocorridos nesses últimos anos ajudam a evidenciar a dificuldade dos órgãos ambientais na fiscalização e controle dos problemas gerados pelos resíduos e o quanto as empresas precisam melhorar o gerenciamento desses materiais: 1987 – identificação de contaminação no aterro Mantovani, em Santo Antônio da Posse, SP (O Estado de São Paulo, 2001a); 1998 – detectada contaminação na cal gerada como subproduto pela empresa Solvay, em Santo André, SP (FOLHA DE SÃO PAULO, 2003); 2000 – problemas com o antigo

¹ Reflexo de nossos últimos governos (em especial o Federal), que priorizou sempre o setor financeiro, em detrimento de áreas mais importantes como a educação, a saúde e o meio ambiente.

aterro Cofap em Mauá, SP (O Estado de São Paulo, 2001b) sobre o qual foi construído um condomínio; 2002 – detectada contaminação do solo, plantas, animais e crianças gerada pela empresa de baterias Ajax, em Bauru, SP (O Estado de São Paulo, 2002b); 2002 – contaminação do solo na Vila Carioca por resíduos enterrados irregularmente pela empresa Shell (O Estado de São Paulo, 2002); 2003 – vazamento de efluente tóxico armazenado pela indústria Cataguases de Papel Ltd, MG (O Estado de São Paulo, 2003).

Para agravar ainda mais a situação faltam políticas públicas que sirvam de orientação para a iniciativa privada e até mesmo para o próprio setor público sobre o gerenciamento dos resíduos. Enquanto isso, os governos municipais e estaduais assistem passivamente ao aumento de problemas sob suas responsabilidades como a poluição nas grandes cidades², os esgotos domésticos lançados nos rios (vide a condição lastimável que se encontram os rios Tamanduateí, Tietê e Pinheiros dentro da cidade de São Paulo) e às montanhas de resíduos sólidos urbanos que se acumulam nos aterros sanitários nas periferias das grandes cidades – para o contentamento da grande "máfia do lixo" que prospera por todo o país. Isto quando estes resíduos –domiciliares ou industriais – não são jogados de forma inadequada em lixões, aterros controlados, terrenos baldios, à beira de estradas e córregos ou viram brinquedo nas mãos de crianças de classes menos favorecidas³.

As indústrias que têm apresentado uma conduta ambiental mais responsável – muito mais por exigências legais do que por motivações ecológicas – por exemplo, as que buscam a certificação ISO14.001, estão substituindo formas convencionais de destinação dos resíduos – o aterramento ou a disposição a céu aberto – por técnicas baseadas no conceito dos 3 Rs (redução, reuso e reciclagem⁴), como formas sustentáveis de gerenciamento.

² A fumaça preta dos carros e coletivos é hoje responsável por 90% da poluição do ar de São Paulo (GAZETA MERCANTIL, 2000a).

³ Estima-se que mais de 85% do resíduo sólido gerado em todo o Brasil é gerenciado de forma inadequada (CULTURA, 2001).

⁴ Há ainda um quarto R às vezes utilizado: a recuperação.

No entanto, os resíduos ainda são, na maioria das vezes, indesejáveis a quem os gera, excetuando-se aqueles que possuem algum valor agregado que torne atraente a sua comercialização, como é o caso das latinhas de alumínio ou da sucata metálica⁵. Outros, mesmo com grande valor agregado, como a escória de alto forno, ainda permanecem armazenados ou depositados em aterros⁶.

Dessa forma, grande parte destes resíduos ainda é armazenada pelas indústrias⁷ ou ainda têm como destino os aterros industriais. Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, do total de resíduos gerados só no estado de São Paulo, 31% são armazenados pelas indústrias e 16% são depositados em aterros aprovados ou ilegais (GAZETA MERCANTIL, 2000b), o que representa um desperdício de mais de 11 mil toneladas anuais de materiais que poderiam ser reusados ou reciclados, contribuindo para a preservação de recursos naturais e para a economia de energia, além de evitar uma série de impactos ambientais.

De fato, a reciclagem tem sido, ao lado do reuso, uma solução cada vez mais utilizada pelas indústrias. Em relação às formas tradicionais de gerenciamento – os aterros – a reciclagem apresenta uma série de vantagens, dentre as quais destacam-se:

- **Alternativa à falta de espaço para aterros:** a falta de espaço para a instalação de novos aterros nos grandes centros urbanos tem ocasionado a migração destas instalações para locais cada vez mais afastados, elevando bastante o seu custo de operação. Na cidade de São Paulo, os dois únicos aterros de resíduos

⁵ No ano de 1997 a indústria siderúrgica brasileira consumiu mais de 7 milhões de toneladas de sucatas de ferro e aço (IBS, 1998). Para o Grupo Gerdau as sucatas representam de 75% a 80% de sua matéria-prima, o que gera uma economia de energia de mais de 30% (CULTURA, 2001).

⁶ Cerca de 90% da escória de alto forno produzida no Brasil (dados de 1996) é adequada para a reciclagem como aglomerante, no entanto ainda uma grande parte desta parcela ainda não é utilizada pelas cimenteiras (ÂNGULO et al, 2001).

⁷ A empresa Cataguases de Papel Ltda ainda possui um reservatório com cerca de 700 milhões de litros de efluentes armazenados (O Estado de São Paulo, 2003b), a empresa Solvay possui um depósito de cal contaminada com mercúrio, organoclorados, dioxinas e furanos, com mais de 200 mil m² – quase 30 campos de futebol oficiais (FOLHA DE SÃO PAULO, 2003a).

domésticos⁸ regulares do município (Bandeirantes e São João) tinham a estimativa de receberem resíduos apenas até 2001 e 2002 respectivamente, e a previsão atual é de que continuem recebendo até 2004 (Jornal da Tarde, 2001). Depois disso, ainda é incerto o que será feito com todo o resíduo doméstico gerado no município. Na cidade de Nova York (EUA), os resíduos urbanos viajam mais de 300km de trem para serem aterrados e os de Toronto, no Canadá, mais de 500km (CULTURA, 2001), devido à falta de aterros mais próximos que aceitem esses materiais. Para os aterros industriais a dificuldade de localização é ainda mais crítica, pois os riscos envolvidos com os resíduos perigosos são ainda maiores. A reciclagem permite solucionar parcialmente este problema, diminuindo a quantidade de resíduos a serem aterrados (BARTON et al, 1996; SKINNER, 1994);

- **Redução de problemas urbanos:** os aterros possuem vários inconvenientes, como: (a) agressão ao meio ambiente, (b) uso de áreas muito extensas, (c) desperdício de matéria e energia que poderiam ainda ser usados, (d) reunião em um mesmo local de materiais que podem reagir e gerar substâncias explosivas, inflamáveis ou voláteis. Assim, a reciclagem representa, para a administração pública, uma forma vantajosa de gerenciar os resíduos em relação à tradicional política de deposição em aterros, pois além de solucionar ou amenizar estes problemas, utiliza o resíduo de uma forma mais sensata e eficiente, não desperdiçando a energia contida neste material;
- **Preservação dos recursos naturais:** a adoção de sistemas de reciclagem insere materiais alternativos no mercado, permitindo que as reservas naturais de matéria-prima tenham suas vidas úteis prolongadas. Isto é importante considerando que a reserva Mundial de alguns minérios já está se esgotando. Num estudo realizado em 1998, estimou-se que as reservas de estanho durem apenas cerca de 23 anos, as de chumbo mais 31 anos e as de zinco mais 35 anos (UNEP, 1996);

⁸ Embora recebam também resíduos industriais como o de serviço de saúde e de tratamento de esgotos.

- **Proteção do meio ambiente:** a quantidade de resíduos que teria de ser tratada ou disposta, torna-se menor, contribuindo, assim, para a redução de impactos ao meio ambiente (degradação da qualidade do solo, e da água, contaminação do lençol freático), e ao ser humano (contaminação de pessoas envolvidas com a “catação” nos lixões, riscos à aviação gerados por vetores⁹), gerados por processos não sustentáveis (disposição em terrenos baldios, beiras de córregos, lixões, aterros, etc.);
- **Vantagens econômicas:** a reciclagem representa a possibilidade de transformar uma fonte de despesa (taxas, multas, custos de transporte e gerenciamento dos resíduos) em uma fonte de faturamento, por exemplo, através da venda ou da permuta por resíduos gerados por outras indústrias. Segundo QUALIDADE (2002) e BCSD-GM (1999), cada vez mais, as empresas conscientizam-se de que a preocupação com o meio ambiente não é mais um custo ou um passivo a ser evitado, mas sim um importante fator de risco a ser considerado e acabam transformando isso numa ótima oportunidade de negócio.

No entanto, para se adotar um sistema de reciclagem, há algumas necessidades básicas. Uma das mais críticas é a existência de um mercado que possa absorver o novo produto a ser gerado. Afinal, a reciclagem só se torna efetiva quando ela insere o resíduo novamente no mercado, ou seja, quando ele se tornar um produto comercializado (SKINNER, 1994). Pouco adianta uma tecnologia ou uma simples idéia que consiga recuperar um resíduo ou encontrar para ele uma utilização, se ele não for absorvido pelo mercado e efetivamente utilizado, tendo que ser posteriormente disposto. O processo de Pesquisa e Desenvolvimento e todos os custos aí envolvidos poderão ser em vão.

Considerando a enorme quantidade de resíduos industriais gerados atualmente no mundo – apenas a indústria paulista gera cerca de 25 mil toneladas anuais (GAZETA

⁹ Pássaros atraídos por depósitos clandestinos de resíduos geram grande risco à segurança da aviação, como o acidente ocorrido recentemente na cidade de Goiânia onde um urubu atingiu um Boing 737, obrigando o avião retornar ao aeroporto (O Estado de São Paulo, 2003c).

MERCANTIL, 2000b) – é grande a tarefa de “encontrar” mercados que possam absorver toda essa quantidade, de forma sustentável.

Algumas indústrias têm se destacado como mercados potenciais para absorver grandes quantidades de resíduos. A construção civil é uma delas devido às inúmeras possibilidades que a reciclagem secundária¹⁰ encontra neste setor, onde muitos resíduos já vem sendo utilizados com sucesso, como a microssilica, a cinza volante, e a escória de alto forno.

Este é um aspecto muito positivo se considerarmos que este setor, incluindo a produção de materiais de construção – o chamado “Construbusiness” – é um dos maiores consumidores de recursos naturais (MATTOS e WAGNER, 1999). A construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta (SJÖSTRÖM, 1996), sendo um dos 6 maiores consumidores de água doce do mundo. Ela é também geradora de uma série de outros impactos na extração destes recursos, nas etapas de instalação, construção, uso e demolição dos empreendimentos (ARNER, 2000).

Por este motivo, o setor do “Construbusiness” têm sido considerado um nicho estratégico (CIB, 2000) para se alcançar o desenvolvimento sustentável¹¹ considerando seu grande consumo de recursos e, conseqüentemente, seu enorme potencial para a reciclagem de resíduos.

Ainda fazendo parte deste setor, a indústria do cimento é outro exemplo já consolidado na reciclagem de resíduos. Anualmente esta indústria recicla mais de 5 milhões de toneladas de escórias de alto-forno, cinzas volantes, pneus e outros resíduos (JOHN, 2000), através do co-processamento.

Outras indústrias ainda ligadas ao setor – cerâmica, metalúrgica, pavimentação – e de

¹⁰ Re-emprego ou reutilização de um produto para uma finalidade que não a mesma que o gerou. (GRN, 2001).

¹¹ Desenvolvimento que vai de encontro às necessidades do presente sem comprometer a habilidade de futuras gerações de encontrar suas próprias necessidades (RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1987).

setores distintos – agrícola, química, papel e celulose – também são grande consumidoras de matéria-prima e, portanto, possuem potencial de absorver grandes quantidades de resíduos.

Neste sentido, estas indústrias têm sido direcionadas a reavaliar seus sistemas produtivos. Por exemplo, dentre as diretrizes de sustentabilidade estabelecidas pela AGENDA 21 (1992) para o setor produtivo estão (a) o estabelecimento de sistemas que sirvam à integração do meio ambiente com a economia, (b) a promoção do desenvolvimento da eficiência do consumo energético, (c) a maximização da reciclagem e o gerenciamento intensivo dos resíduos, (d) a promoção de atividades produtivas mais limpas.

Como num mercado globalizado a sustentabilidade torna-se cada vez mais uma questão de sobrevivência para as indústrias, é necessário que estes setores industriais que consomem gigantescas quantidades de materiais se integrem numa rede de fornecedores e consumidores de seus resíduos – por exemplo, através de sistemas de reciclagem – criando mercados atraentes tanto do ponto de vista econômico como ambiental – conforme salientam as diretrizes da AGENDA 21.

Um exemplo de como isso é possível vem de um projeto em Tampico, no México, denominado “*By-Product Synergy*” (BCSD-GM, 1999), que criou uma forma sustentável de gerenciamento de resíduos industriais: um conjunto de mais de 20 empresas de diversos setores (químico, alimentício, têxtil, papel e celulose, metalúrgico, entre outros) usam e/ou reciclam os resíduos sólidos, efluentes e emissões gasosas umas das outras, impedindo que estes materiais sejam desperdiçados em aterros.

O projeto demonstra que trabalhando juntas, as indústrias podem maximizar o uso de materiais potencialmente lucrativos, que de outra forma seriam tratados como resíduos. Ao reusar estes materiais como matéria-prima – em vez de dispô-los como resíduos – estas indústrias, além de economizarem, reduzem os danos ambientais e descobrem novas oportunidades de negócios.

Uma outra necessidade fundamental para que um sistema de reciclagem seja adotado

é a sua viabilidade técnica, ou seja, que o resíduo consiga satisfazer o desempenho desejado. Para que isso ocorra é preciso que haja estudos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) desses produtos reciclados que comprovem a sua eficácia.

A partir da década de 90 cresceu significativamente o número de pesquisas voltadas para estudos de aproveitamento de resíduos industriais e urbanos, sobretudo visando sua aplicação na construção civil, como demonstram trabalhos publicados em eventos sobre a reciclagem de resíduos e sobre materiais de construção, tanto nacionais como internacionais (ENTAC, 2002; IBRACON, 2001; WASCON, 2000; CIB, 2000; ENTAC, 2000; IBRACON 2000, ENTAC, 1998; WASCON, 1997; Reciclagem e Reutilização de Resíduos, 1996; WASCON, 1994)

Muitas dessas pesquisas apresentaram resultados positivos em relação ao desempenho desses materiais alternativos. No entanto, muitas vezes também criou-se uma imagem falsa – positiva ou negativa – a respeito do novo produto testado e desenvolvido através da reciclagem.

Isto tem ocorrido devido à estratégia tradicional utilizada em pesquisas acadêmicas de materiais – sobretudo na construção civil – que tem buscado a substituição de materiais tradicionais por materiais de menor preço. Em grande parte das vezes, observa-se a tentativa de utilizar um determinado resíduo em uma aplicação previamente selecionada¹², o que geralmente acaba criando a necessidade de se aplicar energia (processos físico-químicos) para adaptar o resíduo à aplicação. Embora isto muitas vezes torne o desempenho do produto adequado, eleva os custos da reciclagem, podendo inviabilizar economicamente o sistema (BARTON, 1997).

É preciso, portanto, quebrar o paradigma utilizado nas pesquisas tradicionais de materiais reciclados de inicialmente escolher uma aplicação para o resíduo para depois moldá-lo a esse uso. Há muitos processos industriais que podem utilizar os resíduos gerados por processos distintos sem a necessidade de transformar esses materiais – ou transformando-os minimamente. Um exemplo claro dessa

¹² Embora em algumas situações esta abordagem possa se justificar, ela dificilmente permite otimizar o potencial dos resíduos (JOHN, 1996).

possibilidade é o projeto “*By-Product Synergy*” (BCSD-GM, 1999) citado anteriormente.

Quando são considerados conceitos científicos da ciência dos materiais e não apenas tecnológicos na avaliação do potencial de reciclagem de um resíduo, o espectro de possibilidades pode se expandir consideravelmente. Utilizar um resíduo de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas, permite evoluir o conceito da reciclagem de uma filosofia atual de “encontrar uma forma de consumir o resíduo” para um conceito de “identificar potenciais sustentáveis de utilização do resíduo” – o que não necessariamente implica em aumentar o valor agregado do material.

Um exemplo de como uma análise técnica pouco criteriosa pode levar a situações indesejáveis, pode ser dada pelos vários acidentes em obras civis que ocorreram devido à expansão da escória de aciaria reciclada como agregado na produção de pavimentos de concretos, conforme MASUERO (1997).

O outro extremo também pode ser negativo, ou seja, estabelecer um excesso de limites para o uso dos resíduos, descartando aplicações potencialmente viáveis. Na maioria das vezes os estudos desses produtos alternativos consideram como critérios de desempenho parâmetros definidos em normas para materiais convencionais, o que pode limitar a possibilidade de reciclagem do resíduo. O fato de um material não ter o mesmo comportamento que os convencionais – ou não atender a especificações de norma – não indica que ele não possa ser usado em condições especiais ou em mercados alternativos atendendo perfeitamente às necessidades do usuário (PAULON, 2000; JOHN, 1996; AGOPYAN, 1991).

Mesmo quando as pesquisas utilizam uma abordagem apropriada, baseada em critérios científicos, elas nem sempre têm conseguido estabelecer no mercado novos sistemas de reciclagem. Isto ocorre porque geralmente outros fatores importantes – além do aspecto técnico – nem sempre são considerados.

Embora a reciclagem, à primeira vista, seja um procedimento que atue no caminho da preservação do meio-ambiente, ela nem sempre contribui para um desenvolvimento sustentável. Um processo de reciclagem pode, por exemplo, devido

à quantidade de energia ou matérias-primas utilizadas, ao transporte envolvido na coleta ou à distribuição do produto (BELLMANN e KHARE, 2000), ser econômica e ambientalmente mais prejudicial do que o simples aterramento do resíduo – quando todo o ciclo de vida do produto reciclado é analisado (LIPPIATT, 1998; TUKKER e GIELEN, 1994).

Isto pode acontecer quando aspectos importantes que influem decisivamente no sucesso da inserção do novo produto no mercado não são considerados. Como exemplos destes aspectos podem ser citados:

a) Fatores econômicos e de mercado

A consideração de aspectos como as distâncias de transporte do resíduo até o local da reciclagem ou até o mercado consumidor e o consumo de energia pelos processos envolvidos são imprescindíveis nos estudos de reciclagem, pois podem gerar produtos pouco competitivos com os tradicionais.

Detalhes do mercado consumidor também merecem atenção especial. O lançamento de um produto reciclado em um mercado que pode ter problemas de aceitabilidade quanto à presença de um resíduo no produto final poderia estar fadado ao fracasso. Um exemplo, seria o uso de resíduos para a confecção de materiais cerâmicos de utensílios de alimentação (pratos, xícaras, etc.), que provavelmente enfrentariam um forte preconceito dos consumidores (COELHO, 2003¹³).

A capacidade do mercado em absorver a quantidade a ser produzida é outro detalhe a ser considerado. O problema ocorrido na Alemanha, nos anos 70 (GARDNER e SAMPAT, 1999), quando o sucesso de programas de coleta seletiva de garrafas de vidro tornaram o volume destes materiais reciclados grande demais para ser absorvido pelos pequenos mercados ainda “despreparados” da época é um exemplo da importância deste fator.

Os fatores econômicos e de mercado não devem ser analisados isoladamente, mas

¹³ COELHO, A.C.V. Potencial de reciclagem de lodo de esgotos na indústria cerâmica. São Paulo. Escola Politécnica da USP, 29 abr. 2003. Entrevista a Ailton dos Santos e a Sérgio Zordan.

sim levando-se em conta os reflexos sociais, ambientais e à saúde humana. Para VRIJLING (1991), um novo material reciclado tem maiores chances no mercado quando seu produtor demonstra que o material é ambientalmente seguro.

b) Fatores ambientais

Consumo de recursos naturais (água, combustíveis fósseis, minérios) e energia, resíduos gerados durante a reciclagem (incluindo efluentes e emissões), tipo de resíduos que o produto reciclado irá gerar após sua vida útil, entre outros, são aspectos que interferem na consolidação de um sistema de reciclagem como uma alternativa sustentável (BARTON et al, 1996). Além de estarem diretamente relacionados com os custos produtivos, são responsáveis por inúmeros impactos ambientais que podem, em casos extremos, gerar processos judiciais capazes de levar não apenas o sistema de reciclagem, mas a própria empresa recicladora à falência.

A forma tradicional de análise do risco de contaminação ambiental do resíduo reciclado – os ensaios de lixiviação – precisam ser melhor aplicados nas etapas de P&D. Algumas tecnologias de reciclagem utilizam, por exemplo, resíduos perigosos “inertizados” em matrizes de cimento Portland, e apenas o potencial de lixiviação do novo produto encapsulado é analisado, deixando-se erroneamente de avaliar como os contaminantes irão comportar-se quando o material for demolido no final de sua vida útil.

Mesmo quando executados de forma criteriosa, os ensaios de lixiviação, isoladamente não são mais suficientes para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de reciclagem.

A questão ambiental, envolvendo aspectos ecológicos e de saúde humana, está se consolidando nos mais diversos setores da economia. Um número crescente de empresas vem se conscientizando de que agir com responsabilidade para com o meio ambiente deve fazer parte de seus planos estratégicos, pois isso tem cada vez maior importância para as partes interessadas internas e externas (MEIO CIRCULANTE, 2000). Um exemplo é a atitude da “*Occidental Petroleum*” que, na década de 80, foi responsabilizada por um dos maiores acidentes ambientais da história - a tragédia do

“Love Canal¹⁴” -, e é hoje uma empresa modelo em gestão ambiental (MOURA, 2000).

- * Cada vez mais empresas têm adequado seus processos às normas de gestão ambiental (ISO14.001), saúde ocupacional e segurança (OSHAS 18.001) e, mais recentemente, responsabilidade social (SA 8.000), com o objetivo de melhorar seus desempenhos na relação com aqueles fatores.

Até mesmo no mundo financeiro, as avaliações ambientais começam a aparecer. Segundo FORGÁCH (2000), presidente de uma das empresas pioneiras no setor de investimento financeiro verde, os objetivos do setor são o de maximizar a sustentabilidade e minimizar os riscos de impacto socio-ambiental dos empreendimentos, em virtude dos custos associados aos impactos. *"Hoje, não basta assegurar fontes de matéria-prima, eficiências logísticas e mercados seguros. É preciso também avaliar os impactos ambientais, as conseqüências sociais, os tratamentos laborais, etc., na avaliação do investimento"*, explica Forgách.

c) Fatores de saúde pública

Fatores como a presença de contaminantes no resíduo, o uso de matérias-primas e atividades insalubres ou perigosas e a possibilidade de contaminação dos trabalhadores e dos usuários do produto reciclado dificilmente são considerados em análises dos potenciais de reciclagem de resíduos. Dois casos recentes ilustram conseqüências da ausência destes fatores.

O primeiro ocorreu em 1998, quando a cal produzida (subproduto) pela empresa belga Solvay, situada no ABC paulista, e comercializada por outras duas empresas, a Minercal e a Carbotex, foi considerada contaminada por dioxina. A cal foi vendida durante anos para a produção de ração animal e também comercializada na construção civil (FOLHA DE SÃO PAULO, 1999). Neste caso, detectou-se apenas altas concentrações de dioxina no leite e na manteiga produzida pelo gado da Alemanha que era alimentado com a ração – o que não significa que os usuários

14 Maiores detalhes em <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/lovecanal/>

destes produtos ou da própria cal usada na construção civil não tenham sido atingidos.

No segundo exemplo, no entanto, as contaminações foram detectadas em seres humanos. Em 1997, a prefeitura de Santana, no Amapá, comprou da mineradora Icomi cerca de 13 mil toneladas de resíduos de manganês para usar na pavimentação do município. Em 2000, estudos mostraram que o resíduo estava contaminado com altos teores de arsênio (produto cancerígeno), que contaminou o solo local. Os primeiros sintomas começaram a aparecer na população em 2001, como problemas respiratórios (72%), problemas de pele (62%) e problemas hepáticos (27%), segundo a Universidade Federal do Pará, que realizou os exames. Das pessoas estudadas na época, 98% apresentaram teores elevados de arsênio (ALBANO, 2001).

As ações mundiais direcionadas à prevenção da intoxicação humana, também estão crescendo. O Comitê Intergovernamental de Negociações das Nações Unidas promoveu, em dezembro de 2000, uma reunião para discutir um tratado internacional que permita eliminar a produção, o comércio e o uso de substâncias químicas tóxicas, além de evitar a introdução de novos contaminantes no mercado e no meio ambiente. A discussão está sob a coordenação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e prevê o banimento de uma lista inicial de 12 elementos conhecidos como “os 12 sujos”, incluindo 8 pesticidas organoclorados: aldrin, endrin, toxafeno, clordano, dieldrin, heptacloro, mirex (dodecacloro), DDT, e 4 substâncias químicas industriais geradas como subproduto não intencionais: hexaclorobenzeno, PCBs, dioxinas e furanos (BARBAR, 2000).

Dessa forma, mesmo quando se consegue um produto cujo comportamento técnico alcance os padrões exigíveis para a aplicação proposta, o novo produto pode não sobreviver no mercado porque não atende outros aspectos importantes: ambiental, de saúde ocupacional, econômico e de mercado.

Portanto, o lançamento de produtos reciclados sem uma avaliação eficiente destes aspectos pode acabar descreditando os produtos reciclados de forma que estes tenham cada vez menor aceitabilidade no mercado.

Assim, as pesquisas sobre a reciclagem de resíduos precisam urgentemente evoluir de forma que novos mercados não sejam “desperdiçados”, produtos reciclados não sejam desacreditados quanto ao seu desempenho, que o consumidor não associe a estes produtos riscos a sua saúde e, finalmente, que os danos ambientais sejam comparados com formas alternativas de gerenciamento dos resíduos para que as possibilidades mais sustentáveis sejam adotadas.

Isso não funciona apenas para os consumidores se sentirem mais “seguros” em relação ao produto reciclado, mas também para tranquilizar os geradores dos resíduos quanto ao risco do negócio e também em relação às suas responsabilidades para com esses materiais, fortalecida pelas Leis de Crimes Ambientais¹⁵. Essa responsabilidade, segundo FELLIPE JR (2001)¹⁶ pode, muitas vezes, deixar os geradores inseguros na decisão de adotar ou não um processo de reciclagem, pois os materiais reciclados poderão continuar sob suas responsabilidades.

Segundo JOHN e ZORDAN (2000), conduzir uma pesquisa deste tipo é uma tarefa complexa posto que envolve conhecimentos em diversas áreas. A integração destes conceitos por equipes multidisciplinares exige uma metodologia genérica, com procedimentos e avaliações sistemáticas, que sirva de linguagem comum e defina claramente as interfaces entre os diferentes atores.

Dessa forma, constata-se a necessidade de uma metodologia que sirva como um guia geral para identificar possibilidades de pesquisa de desenvolvimento de novos produtos a partir de resíduos reciclados, analisando não apenas suas qualidades enquanto substitutos de matérias-primas, mas possibilitando também uma avaliação dos seus aspectos econômicos, de mercado, ambientais e de saúde ocupacional.

Tal metodologia não serve apenas para resíduos ainda não reciclados ou sem uma aplicação definida. Mesmo no caso de resíduos que dispõem de tecnologias de

¹⁵ Lei 9605 de 12/02/1998, que dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

¹⁶ FELLIPE JR, A. Benefícios de uma metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 10 dez. 2001. Entrevista a Sérgio Zordan.

reciclagem e de mercados bem estabelecidos, é importante que se busque outras opções. Segundo JOHN (1995), do ponto de vista da empresa geradora do resíduo, a existência de um maior número de aplicações é importante porque permite minimizar os riscos de perder o mercado e criar uma competição pelo resíduo, aumentando assim as possibilidades de benefícios financeiros.

É diante destas necessidades que este trabalho vêm propor uma metodologia que permita (a) identificar alternativas para P&D de novos produtos reciclados, nos mais diversos setores industriais, que se mostrem tecnicamente viáveis, e (b) classificar as alternativas potencialmente mais sustentáveis, considerando aspectos ambientais, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado.

Acredita-se assim que, além de contribuir para a evolução das pesquisas sobre a reciclagem, esta metodologia estará contribuindo também para um desenvolvimento sustentável, para a melhoria do meio ambiente e da saúde dos seres humanos, conforme orienta a própria Agenda 21 no capítulo sobre a promoção do gerenciamento de resíduos perigosos: os procedimentos de manejo devem *“facilitar a avaliação dos impactos e riscos dos resíduos perigosos para a saúde humana e o meio ambiente por meio da adoção de procedimentos, metodologias e critérios adequados e/ou diretrizes e normas a eles relacionados”* (AGENDA 21, 1992).

Este trabalho, financiado pela FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - complementa um projeto mais amplo denominado “Reciclagem de Resíduos como Materiais de Construção”, que envolve todo um estudo do estado-da-arte da reciclagem de resíduos como materiais de construção e a criação de uma base de dados sobre o tema. Tal projeto foi desenvolvido no Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP com financiamento da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos – e forneceu suporte para a concretização desse trabalho.

Além disso, este trabalho também teve a interação com outras 3 pesquisas: uma delas financiada pela FINEP denominada “Fundo Verde e Amarelo - Normalização do uso de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados - emprego de novas técnicas de caracterização”, uma segunda denominada “Caracterização de resíduos

de construção e demolição - estudos de separabilidade” envolvendo um doutorado e uma iniciação científica financiados pela FAPESP e ainda uma pesquisa de mestrado denominada “Estudos dos resíduos de tratamento de esgoto e possibilidades de reciclagem”, com o apoio da SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

1.1 HIPÓTESES ADOTADAS

O desenvolvimento deste estudo está fundamentado nas seguintes hipóteses:

- 1) as pesquisas de reciclagem atuais se desenvolvem a partir de seleções prévias de aplicações para o resíduo, escolhidas com certo grau de arbitrariedade sem o uso de sistemáticas ou critérios científicos, o que pode gerar alternativas com pouca competitividade no mercado, além de não explorar outras possibilidades de reciclagem;
- 2) a sociedade necessita de uma metodologia que indique aplicações potenciais sustentáveis para os resíduos, ou seja, alternativas de reciclagem que sejam confiáveis e competitivas a ponto de se manterem no mercado e não apenas que sejam vistas como “ecologicamente corretas”.

1.2 TESE

Uma vez formuladas as hipóteses acima, a seguinte tese é estabelecida:

O uso de uma metodologia que avalie o potencial de reciclagem de resíduos considerando a sua natureza físico-química, e avalie as aplicações potenciais sob aspectos econômicos, de mercado, ambiental e de saúde ocupacional, permite selecionar aplicações confiáveis e potencialmente mais sustentáveis – portanto, com maiores chances de sucesso – além de sobrepor o óbvio, encontrando aplicações diferentes das convencionais.

Assim, para desenvolver a tese estabelecida, e torná-la aplicável no mercado de reciclagem de resíduos, propõe-se os seguintes objetivos:

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos gerais

- Desenvolver uma metodologia para aplicação num estágio anterior aos estudos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de novos produtos reciclados, que avalie a possibilidade técnica de reciclagem de resíduos nos mais distintos setores industriais a partir de pareceres de especialistas de cada um destes setores;
- Disponibilizar uma metodologia que sirva de orientação aos geradores de resíduos (indústria), ao poder público e/ou à comunidade científica, para iniciarem projetos de P&D de novos produtos reciclados, a partir de uma lista de alternativas com potencial técnico de reciclagem.

1.3.2 Objetivos específicos

Desenvolver uma metodologia para seleção de alternativas de reciclagem de resíduos:

- seguras do ponto de vista da engenharia, considerando informações fornecidas por especialistas e avaliando o resíduo a partir de suas características físico-químicas e não a partir de aplicações pré-definidas;
- avaliadas quanto a critérios ambientais, de saúde ocupacional, econômico e de mercado, através de técnicas de análise já consagradas na avaliação de sistemas.

Este trabalho não pretende criar uma metodologia final e estática, mas sim um ponto de partida para um processo de constantes ajustes e aperfeiçoamento, necessários a uma ferramenta que se proponha a atender os objetivos aqui apresentados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo 1, conforme já apresentado, compõe-se da Introdução, Justificativa e Objetivos.

No Capítulo 2 há uma revisão bibliográfica sucinta sobre a estrutura das pesquisas de reciclagem de resíduos, metodologias já propostas e suas diretrizes. Há também uma reflexão sobre a avaliação ambiental, a avaliação de saúde ocupacional e a avaliação econômica e de mercado dos processos de reciclagem. Uma abordagem de algumas ferramentas lógicas e de análise que serão usadas no trabalho também é apresentada neste Capítulo.

No Capítulo 3 estão expostos os critérios e métodos utilizados para criar a metodologia proposta, definições e considerações adotadas e a metodologia propriamente dita.

No Capítulo 4 estão detalhados os estudos de casos executados para testar a metodologia avaliando o potencial de reciclagem da torta de tratamento de esgoto e dos resíduos de construção e demolição (RCD).

No Capítulo 5 é apresentada a discussão sobre a metodologia proposta, sua aplicação nos estudos de casos e propostas de adaptações e utilização da mesma.

Finalmente, o Capítulo 6, apresenta as conclusões finais do trabalho.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A reciclagem é hoje uma das principais alternativas para a redução dos aterros nas grandes cidades. Além disso, pode fornecer uma série de outros benefícios econômicos, como a preservação de recursos naturais não renováveis, reduções no consumo de energia, combustível e água (THORMARK, 2001), reduzindo assim os impactos ambientais e ao ser humano, relacionados a estas atividades.

Com isto, a reciclagem tem-se mostrado como uma excelente oportunidade de alavancar novos empreendimentos, gerando empregos e renda. Sintonizadas com estas oportunidades, e impulsionadas por tendências de mercado – como a certificação ISO14001 – as indústrias estão dando cada vez mais atenção aos investimentos ambientais, com atenção especial ao gerenciamento dos seus resíduos (MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL, 2001).

No entanto, como toda atividade industrial a reciclagem também possui seu risco – às finanças das empresas, ao meio ambiente e à saúde das pessoas. Muitos desses riscos nem sempre são considerados nos projetos e estudos para a implementação de sistemas de reciclagem.

Esta revisão visa exatamente avaliar os estudos, conceitos e ferramentas envolvidos nas atuais formas de análise dos sistemas de reciclagem de resíduos, avaliando as falhas, tendências e necessidades de mudanças para que o processo de identificação dos riscos envolvidos com a reciclagem se torne cada vez mais eficiente.

2.1 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Dentre as formas de gerenciamento de resíduos atualmente utilizadas pode-se identificar na literatura uma grande confusão de conceitos. Além das formas convencionais de gerenciamento (disposição e tratamento), uma série de novas denominações surgiram baseadas nas formas sustentáveis originais dos 3 Rs (redução, reuso e reciclagem): recuperação, reaproveitamento, revalorização, entre outros, elevando a quantidade de Rs até onde a criatividade permitir.

Neste trabalho são adotadas como formas de gerenciamento apenas as apresentadas na Figura 1: tratamento, reutilização (ou reuso), reciclagem, recuperação e

disposição, pois entende-se que todas as demais denominações podem ser consideradas como um tipo especial de reciclagem.

Assim, apesar de muita confusão e várias definições para cada um destes conceitos, a seguir são apresentados aqueles julgados mais adequados e que serão adotados neste trabalho.

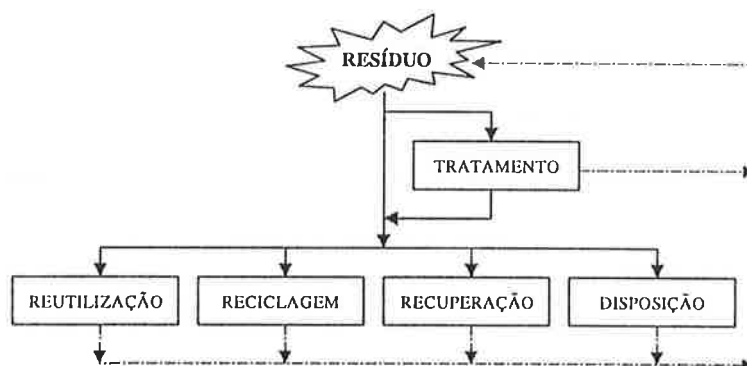


Figura 1 – Alternativas de gerenciamento de resíduos

O **tratamento** representa todos os processos físicos, químicos ou biológicos, aplicados no resíduo (por exemplo, a incineração, o plasma térmico e a compostagem), que tenha como objetivo a redução de sua periculosidade, carga orgânica, volume, granulometria, etc., ou a sua adequação aos sistemas de reciclagem (LUND, 1993).

A **reutilização (ou reuso)** é o aproveitamento do resíduo para a mesma função o gerou, sem transformação físico-química, assegurando quando necessário, o tratamento destinado ao cumprimento dos padrões de saúde pública e meio ambiente (GRN, 2001; LAGREGA et al, 1994). Dentro desse conceito a utilização de restos de fibras de vidro de uma indústria de compósitos, como matéria-prima para a mesma indústria, seria um reuso, desde que não necessitasse alterar suas características. As garrafas de vidro retornáveis são um exemplo típico de reuso na indústria de bebidas.

A **reciclagem** representa o sistema no qual o resíduo passa por transformações (físico-químicas ou biológicas) com o objetivo de ser inserido novamente numa cadeia produtiva. Essa inserção pode ocorrer no próprio sistema que o gerou ou em outro sistema produtivo (SILVA, 2001). No primeiro caso, a reciclagem se

assemelha ao reuso, porém neste, não há transformações no resíduo, conforme detalhado na Figura 2.

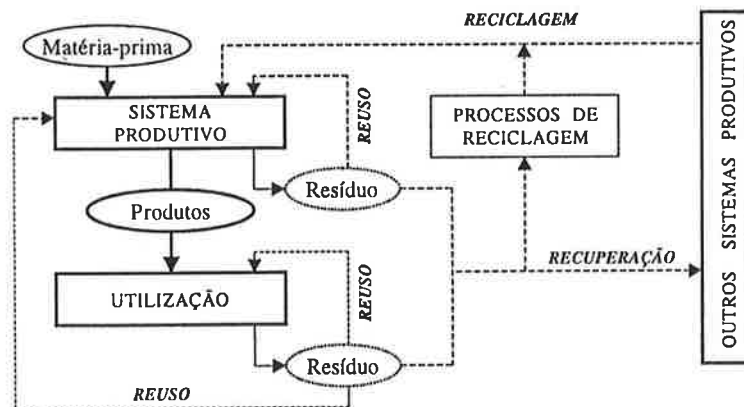


Figura 2 – Reuso, a reciclagem e a revalorização (Modificado de SILVA, 2001)

De acordo com esta definição, a utilização em uma indústria de pré-moldados ou de blocos de concreto, de peças quebradas como matéria-prima para a confecção de novas peças, depois de trituradas, seria um tipo de reciclagem.

A **recuperação** (ou recuperação energética) é o uso do resíduo com base no seu potencial energético ou material (SILVA, 2001). Um exemplo de recuperação material é a utilização de resíduos de compostagem na agricultura. Um exemplo de recuperação energética é o uso de bagaço de cana como combustível na geração de açúcar e álcool.

Considerando estas definições, o co-processamento de resíduos na indústria do cimento pode ser considerado também uma forma de reciclagem (além de uma recuperação energética), pois alguns resíduos contêm quantidades de materiais inorgânicos que são incorporados à composição do cimento – uma nova cadeia produtiva.

A **disposição** é a colocação de resíduos sólidos em aterros (sanitário ou industrial) onde possam permanecer por tempo indeterminado, em estado natural ou transformados em material adequado a essa permanência, minimizando os danos ao

meio ambiente e à saúde pública¹⁷ (EPA, 1993).

Do ponto de vista da sustentabilidade, costuma-se indicar como ideal para o gerenciamento dos resíduos a seguinte seqüência: reuso → reciclagem → recuperação → tratamento → disposição (EU, 1999; LEACH *et al*, 1997), pois em termos energéticos e de uso de recursos naturais, haveria menores consumo e desperdício quanto mais próximo do reuso do resíduo. No entanto, segundo JOHN (2000) é preciso analisar cada caso para decidir sobre a situação mais favorável.

A hierarquia (reduzir, reutilizar, reciclar, tratar, dispor em aterros), é questionável, uma vez que a melhor alternativa é, por definição, aquela de menor impacto ambiental global (TUKKER e GIELDEN, 1994). Um incinerador que não opera em condições corretas em relação à destruição de elementos perigosos ou que não possui sistemas eficientes de destruição e tratamento de gases, pode gerar mais impactos do que um aterro industrial bem operado (BARTON, 1996).

Segundo LEACH *et al* (1997), estudos demonstraram - através da ACV -, que a incineração de papel gera menor impacto ambiental que a reciclagem, para um caso estudado na Inglaterra.

Além disso, na maioria das vezes, a questão econômica tem imperado sobre a ambiental. JOHN (2000) lembra que técnicas de reciclagem requerem um volume mínimo de resíduo disponível em determinada região e uma concentração mínima da fase a ser reciclada na massa total do resíduo. Nesta situação, pode ser desejável um aumento na produção do resíduo ou da concentração da fase a ser reciclada de maneira a tornar economicamente viável a reciclagem, conforme ALLEN e ROSSELOT (1994) e SILVA e FERREIRA (2000).

Outro exemplo ocorre com os resíduos sólidos urbanos na Dinamarca, onde, devido à falta de locais para aterros, a maior parte do resíduo gerado que não é reusado ou reciclado vai para a incineração que apresenta um custo médio de US\$40,00/t contra

¹⁷ Há também formas ilegais e não sustentáveis de disposição, como os lixões, os terrenos baldios, as margens de córregos ou aterros irregulares.

US\$100,00/t no aterramento (CULTURA, 2001).

É ainda importante que seja avaliada a possibilidade de se usar simultaneamente várias formas de gerenciamento, para as frações dos resíduos que mais se adequarem à cada uma JOHN (2000). Um exemplo é o gerenciamento das sucatas automóveis na Europa onde os fluídos perigosos são extraídos, recuperados ou levados à aterros de resíduos perigosos; peças com potencial de reuso são vendidas como materiais de reposição à frota e o material que não é passível de recuperação é destinado como sucata às indústrias metalúrgicas (CULTURA, 2001).

Assim, é importante que cada caso seja criteriosamente avaliado, considerando todo o ciclo de vida das possíveis alternativas, para então, se decidir sobre aquela mais viável (reuso, reciclagem, recuperação, tratamento, disposição), tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Dentre as possibilidades de gerenciamento consideradas acima, esta metodologia tem o objetivo de analisar apenas o potencial de reciclagem dos resíduos. Qualquer outra forma de gerenciamento – reuso, recuperação ou disposição – não faz parte do escopo da análise.

2.2 RISCOS DA RECICLAGEM

Embora a reciclagem venha se tornando uma prática cada vez mais comum no gerenciamento de resíduos e muito se tem pesquisado sobre as possibilidades técnicas da utilização de resíduos, pouco tem sido feito no sentido de avaliar os impactos ambientais e à saúde humana envolvidos nos sistemas de reciclagem de resíduos. Conforme já citado neste trabalho, vários acidentes ou eventos negativos relacionados à reciclagem podem ser explicados claramente pela falta de um método de avaliação ambiental e de saúde ocupacional destes sistemas.

O conceito padrão de avaliação ambiental e de risco à saúde humana de sistemas de reciclagem que vêm sendo mundialmente adotado baseia-se na visão holandesa – limitada e simplista – de centrar toda a análise em ensaios de lixiviação de possíveis contaminantes contidos nos resíduos. Tal avaliação, embora necessária, limita-se

apenas aos possíveis impactos gerados por contaminação das águas, nas etapas de uso e pós-uso dos materiais reciclados. Outros tipos de impactos ambientais e riscos à saúde gerados nestas e em outras etapas, como os gerados pelo consumo de substâncias perigosas (como os solventes) e pela geração de emissões devido ao consumo de combustíveis, não são considerados.

Geralmente, também não há preocupação para com os tipos de resíduos que a reciclagem vai gerar, tanto pelos processos industriais empregados como ao final da vida do novo material reciclado (pós-consumo). Um exemplo é o uso de resíduos perigosos “dentro” do concreto (encapsulamento), como pilhas e baterias (GUIA DE BERTIOGA, 2003) e lodos de galvanoplastia, que podem ficar expostos de forma perigosa no meio ambiente, caso tal concreto vier a ser demolido.

A falta de tecnologia ou recursos disponíveis para as análises, também podem contribuir para limitar as avaliações dos riscos gerados pela reciclagem. Um exemplo é a liberação de compostos orgânicos voláteis (parâmetro importante para indicar os riscos de contaminação dos trabalhadores na produção dos reciclados e dos usuários do novo material) que muito raramente é avaliada.

No entanto, cada vez mais organismos ambientais e da área de saúde tomam consciência da necessidade da consideração destes fatores. A liberação de orgânicos voláteis começa a ser estudada e cogita-se sua aplicação em regulamentos para materiais e resíduos usados na construção civil, como o BMD (Building Material Decree) (EIKELBOOM et al, 2000), anteriormente citado.

Assim, a tendência para as avaliações ambientais – baseada num desenvolvimento sustentado – é caminhar para sistemas mais amplos de análises, como por exemplo, o estudo de todo o ciclo de vida do novo produto, desde seu nascimento até o final de sua vida útil (princípio do berço ao túmulo ou “*cradle to grave*”).

Segundo WALSH (1991), este conceito deve fazer parte das atividades diárias de engenheiros e arquitetos que buscam o desenvolvimento sustentável. Reduzir os impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública em cada produto e processo desenvolvido e em todo o material comercializado, deve ser parte de suas condutas

básicas.

Para BARTON et al (1996), a análise de todo o ciclo de vida de um sistema de gerenciamento de resíduos – neste caso a reciclagem – permite visualizar toda a “carga ambiental” e os riscos gerados pelo sistema e avaliar quais as alternativas mais favoráveis a uma determinada situação e local.

Desse modo, todas as etapas do sistema de reciclagem – armazenamento e transformação do resíduo, transporte, confecção de componentes e materiais e todas aquelas relacionadas ao uso do novo produto gerado, e ao período de pós vida útil –, devem ser consideradas com potencial para gerar impactos ambientais e riscos à saúde humana, como uma garantia de que os riscos à saúde e ao meio ambiente sejam minimizados.

2.3 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM RECICLAGEM

A eficiência dos estudos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de um novo material pode ser indicada pela maneira como o produto foi aceito pelo mercado, ali se manteve – enfrentando concorrentes – e se esteve ou não envolvido com algum tipo de problema à comunidade, seja ele relacionado à saúde, ao meio ambiente ou à economia dos envolvidos.

Essa eficiência, portanto, parece depender da correta identificação – durante a fase de P&D – das características e propriedades do novo produto relacionadas a cada um dos indicadores mencionados acima. O sucesso desta identificação depende de uma análise ampla em todo o ciclo de vida do novo produto, de forma a se analisar quais fatores podem ser críticos em relação à tecnologia dos materiais, aos aspectos econômicos e aos benefícios e perigos que o produto pode gerar ao ser humano e ao meio ambiente. Conforme SHAPIRO e BONOMA (1989), deste processo dependerá o sucesso do novo produto quando lançado no mercado e sua manutenção no mesmo.

Sob este ponto de vista, para que essa avaliação seja eficiente, é preciso que ela tenha características multidisciplinares, onde as diferentes áreas do conhecimento relacionadas ao novo material estejam envolvidas, conforme observa JOHN (2000).

A própria “*Câmara de Comércio Internacional*” reconhece a necessidade desse conceito sistêmico no desenvolvimento e no fornecimento de novos produtos, de forma a reduzir os impactos gerados, tanto pelo consumo de recursos, como pela correta gestão dos resíduos gerados (ABNT-ISO, 1996a).

No desenvolvimento de novos materiais, a partir da reciclagem de resíduos, esse conceito também deve prevalecer. Atualmente, com a difusão e o fortalecimento dos conceitos de sustentabilidade (CIB, 2000), a necessidade da inclusão de uma abordagem abrangente e multidisciplinar nestes estudos de reciclagem tornou-se ainda mais necessária.

No entanto, o cenário atual de P&D de novos materiais reciclados, reflete outra realidade. Geralmente, apenas os requisitos técnicos de engenharia são considerados na avaliação. Raramente são considerados os aspectos econômicos envolvidos (McLAREN et al, 2000; MASUI et al, 2000; VRIJLING, 1991) e os impactos negativos que o produto pode causar ao ser humano ou ao meio ambiente, a não ser aqueles relacionados com o potencial de lixiviação dos resíduos (VAN DER SLOOT et al, 1994; THORSEN et al, 2001; MATTOS e ASSIS, 2001; CAVALCANTE e CHERIAF, 1996) que frequentemente são abordados por diversos autores em eventos internacionais como o WASCON – Waste Materials in Construction, nas suas versões de 1991, 1994, 1997 e 2000.

Um exemplo típico da falta de avaliação dos riscos ambientais e de saúde dos sistemas de reciclagem é o caso já citado (Introdução e Justificativa) da cal produzida pela empresa Solvay que foi, durante um bom tempo, reciclada na produção de ração animal e contaminou o leite e a manteiga servidos à população na Alemanha (FOLHA DE SÃO PAULO, 1999).

Em alguns casos, como na indústria da construção civil, os aspectos econômicos muitas vezes são deixados de lado nestes estudos. A grande quantidade de pesquisas sobre novos materiais a partir de resíduos ultimamente produzidas (com resultados positivos sobre o ponto de vista de engenharia), que não estabeleceu nenhum novo produto no mercado, pode ser um reflexo deste cenário, já que a maioria não possui uma análise econômica e de mercado. Conforme lembra UNEP (1996b), muitas

vezes, a reciclagem não adquire custos atraentes para substituir a matéria-prima natural e estes detalhes precisam ser considerados nos estudos de P&D.

Isto pode ser verificado principalmente na área acadêmica, onde tradicionalmente o enfoque utilizado nas pesquisas de reciclagem tem sido a utilização de resíduos como forma de “dar um destino” a estes materiais, ao mesmo tempo em que substitui matérias-primas convencionais por materiais similares mais baratos¹⁸. Este fato tem sido observado em eventos sobre reciclagem de resíduos realizados no Brasil (ENTAC¹⁹, nos eventos de 1996, 1998, 2000 e 2002; IBRACON, nos eventos de 1999, 2000 e 2001²⁰) e no exterior (WASCON²¹ nos eventos de 1991, 1994, 1997 e 2000), onde grande parte dos trabalhos avalia o desempenho do resíduo sob o ponto de vista de engenharia (alguns sob o ponto de vista ambiental, limitado a liberação e transporte de contaminantes) sem a preocupação com a viabilidade econômica e de mercado.

JOHN (1996) observa que, embora importantes para a capacitação das equipes de pesquisadores, o impacto dessas pesquisas sobre a preservação ambiental e sobre as demais políticas sociais e econômicas é nula, pois são desenvolvidas com pouca ou nenhuma integração efetiva com os produtores do resíduo e com os usuários potenciais. Assim, com raras exceções, tais pesquisas acabam não tendo resultado prático.

¹⁸ A idéia de que o resíduo vai ser uma matéria-prima mais barata nem sempre acaba se confirmando depois de um estudo de viabilidade econômica (LIPPIATT, 1998).

¹⁹ ENTAC: Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo (1996), Florianópolis (1998), Salvador (2000), Foz do Iguaçu (2002): ANTAC.

²⁰ IBRACON: “II Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. São Paulo: IBRACON, 1999”; IBRACON: “III Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas. São Paulo: IBRACON, 2000”; “IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Materiais Reciclados e suas Aplicações. São Paulo: IBRACON, 2001”.

²¹ Proceedings of international conferences. ISCOWA – International Society for Construction with Alternative Materials

Já KAHN (2003)²² considera que tais pesquisas são fundamentais para desenvolver o entendimento do desempenho dos resíduos como produtos reciclados e alguns resíduos – como os de construção e demolição (RCD) – ainda necessitam de muita pesquisa deste tipo – mesmo que não cheguem a lançar produtos no mercado – para se compreender comportamentos ainda inesperados e outros até desconhecidos destes materiais.

De fato, as pesquisas focadas apenas nos aspectos técnicos não possuem potencial para consolidar produtos no mercado. No entanto, elas são necessárias para criar conhecimento que servirá de base para os estudos de P&D destes materiais, evitando que eles comecem do zero.

Por esta razão, é preciso diferenciar estes tipos de pesquisas. Elas auxiliam na criação do “estado da arte” do conhecimento sobre o comportamento ou desempenho do material reciclado, mas não são suficientes para indicarem o lançamento destes produtos no mercado.

Para isso devem existir os estudos de P&D, que não devem se restringir isoladamente a um ou outro aspecto, mas sim à todos aqueles que definem o sucesso ou o fracasso do produto, uma vez lançado no mercado: técnicos, econômicos, de mercado, ambientais e de saúde humana.

Nas avaliações direcionadas à tecnologia dos materiais (análise técnica) nos estudos de P&D, as pesquisas também nem sempre são feitas de forma satisfatória. É usual considerar-se nos critérios de avaliação do desempenho desses “novos” materiais, apenas aspectos relacionados ao comportamento mecânico dos mesmos e, mais raramente, à sua durabilidade, principalmente em relação à presença de elementos nocivos.

Um exemplo é o caso da escória de aciaria reciclada como agregado para concretos e pavimentos, cujos estudos de P&D não foram eficientes a ponto de detectar

²² KAHN, H. Potencial de reciclagem de RCD. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 30 abr. 2003. Entrevista a Sérgio Ângulo e a Sérgio Zordan.

problemas de expansão do resíduo. Como consequência, segundo JOHN (2000) e MASUERO (1997), vários acidentes em obras civis já ocorreram devido a este efeito nocivo.

É preciso que estas pesquisas considerem conceitos científicos da ciência dos materiais e não apenas tecnológicos. É importante que o pesquisador consiga entender a necessidade e a função de um determinado ensaio, de uma determinada avaliação, não apenas porque uma norma o exige, ou porque o “costume orienta”, mas sim, pelo princípio científico da avaliação. Isso possibilita que em situações novas e inesperadas o profissional seja capaz de indicar, ou até mesmo criar, um ensaio correto para avaliar o fenômeno científico em questão.

Assim, embora as pesquisas sobre o aproveitamento de resíduos industriais e urbanos venham aumentando e muitos trabalhos tenham mostrado resultados positivos de desempenho desses materiais – sob o aspecto de engenharia –, constata-se que a indústria da reciclagem de resíduos é carente de uma avaliação multidisciplinar, com conceito sistêmico, para analisar o potencial de um determinado resíduo para ser reciclado.

Essa lacuna acaba diminuindo as chances de sucesso do produto no mercado, ou pior, desacreditando os reciclados diante do consumidor por não apresentarem um desempenho condizente com os materiais tradicionais ou por oferecerem riscos à população ou ao meio ambiente.

2.4 NECESSIDADE DE METODOLOGIA MULTIDISCIPLINAR

Já a partir dos anos 70, em simpósios realizados sobre o reaproveitamento de resíduos industriais e urbanos, começava a se evidenciar uma preocupação quanto à reciclagem dos vários tipos de resíduos quanto às suas múltiplas aplicações nos mais diversos segmentos (CINCOTTO, 1988).

No entanto, desde então pouco tem sido feito para padronizar e sistematizar os estudos de reciclagem de resíduos. Apenas propostas pontuais, restritas a uma ou outra área de atuação começaram a surgir. Poucas delas acabaram gerando alguma

metodologia de avaliação, e mesmo assim, nenhuma delas com visão sistêmica que resultasse num processo multidisciplinar.

No final da década de 80, CINCOTTO (1988), baseada em estudos da OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) e RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et Matériaux) apresentou considerações importantes para um método de avaliação de resíduos a serem usados na construção civil, abordando aspectos econômicos e de saúde humana: (a) a quantidade de resíduo deve ser suficientemente grande para justificar o desenvolvimento de sistemas de manuseio, processamento e transporte; (b) as distâncias de transportes envolvidas devem ser competitivas com os materiais convencionais, e (c) o material não deve ser potencialmente nocivo durante a construção ou posteriormente à sua incorporação na estrutura.

SKINNER (1994), dando ênfase aos aspectos econômicos, também aborda a necessidade de se trabalhar com procedimentos de avaliação padronizados. Em relação aos estudos de viabilidade do sistema de reciclagem, ele considera que devem ser considerado: os custos de gerenciamento sem a reciclagem – coleta, transporte e disposição do resíduo – e os custos do sistema de reciclagem – coleta, processamento dos resíduos e preço de venda do material. Além disso, ele considera os custos e benefícios ambientais como importantes critérios de classificação das alternativas de reciclagem.

Já em relação aos fatores de mercado envolvidos, o autor (SKINNER, 1994) alerta para que os subsídios existentes para a utilização de material virgem e as especificações que discriminem a utilização de materiais reciclados sejam eliminados, para que haja uma concorrência justa. Ele observa também, que os usuários dos reciclados precisam ser tratados como clientes - como em qualquer negócio. Portanto, as exigências desses consumidores quanto à qualidade dos produtos reciclados precisam ser atendidas.

Uma interessante metodologia para aplicação de resíduos industriais em pavimentação é proposta pelo Instituto de Materiais Recicláveis de Universidade do

Estado da Louisiana (FONSECA et al, 1997). O sistema, gerenciado por um programa computacional, utiliza informações das características físicas, químicas e mineralógicas dos resíduos para definir possíveis aplicações do material em obras de pavimentação. Ele prevê ainda uma avaliação preliminar dos riscos ambientais que a reciclagem do resíduo pode gerar, baseado nas regulamentações e normas da EPA - Environmental Protection Agency (agência ambiental norte americana). A avaliação deixa de lado, no entanto, os possíveis impactos causados pelo processo industrial da reciclagem e aqueles gerados após a vida útil do material reciclado. Outro ponto fraco da metodologia diz respeito aos limites inflexíveis usados para a seleção das aplicações possíveis. Um exemplo é a regra adotada para a avaliação de resíduo como material aglomerante, que seleciona apenas aqueles com teor de $(CaO + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ maior que 70% - um critério rígido demais para ser utilizado com resíduos, visto que, de acordo com PAULON (2000) e JOHN (1996), nem sempre eles precisam atingir o desempenho ótimo dos materiais convencionais²³.

Um dos instrumentos mais avançados de investigação da qualidade e riscos de reciclagem de resíduos usados na construção civil está sendo usado como instrumento de gestão da política ambiental na Holanda: o Dutch Building Materials Decree (BMD). Ele é baseado em parâmetros de proteção do solo e da água e é aplicado em casos onde os materiais²⁴ são usados em contato com a chuva, águas superficiais e aquíferos subterrâneos (EIKELBOOM et al, 2000). O decreto estabelece limites de concentrações máximas de substâncias orgânicas e inorgânicas, critérios para uso de materiais perigosos como amianto, VOCs (compostos orgânicos voláteis) e Radônio, e prevê ensaios de lixiviação para analisar o comportamento dos contaminantes. Além disso, são especificadas ações de prevenção de poluição, como o impedimento de se dispor materiais contaminados em solos não contaminados.

Aliás, esta é uma prática comum no Brasil, por exemplo, através do “tratamento” de

²³ Esta inclusive era a forma de análise que se pretendia adotar para a metodologia proposta neste trabalho, mas acabou sendo substituída pela consulta aos especialistas.

²⁴ Não é considerada diferença entre materiais primários, secundários e resíduos.

resíduos de petróleo no solo (land farming). Segundo RUBY, (2001)²⁵, é preciso no entanto, um controle apurado na quantidade e na forma de misturar esses resíduos ao solo, atividades que nem sempre são observadas pelos geradores, o que acaba transformando esse tratamento numa simples disposição do resíduo. Um exemplo de que a preocupação procede é o que recentemente ocorreu na baía de Guanabara (FOLHA, 2003b), a Refinaria Duque de Caxias (Petrobrás) foi acusada de depositar resíduos da produção de óleo misturados com terra e lama na área de mangue da baía. Segundo a empresa a idéia era “adubar o solo local”.

Embora o decreto (BMD) seja complexo em sua totalidade, um fato importante que aumentou a sua aceitabilidade e eficiência foi a participação de todos os setores envolvidos (governo, indústria, laboratórios, e organizações representando diversos setores da sociedade), nas discussões e implementação das ações, tornando a política mais clara e prática (EIKELBOOM et al, 2000).

A participação dos diferentes atores envolvidos num sistema de reciclagem é de fato fundamental para o seu sucesso, principalmente sob o ponto de vista do mercado. Um exemplo de como esse envolvimento gera resultados é o projeto “*By-Product Synergy*”, em Tampico, no México (BCSD-GM, 1999), onde um grupo de mais de 20 empresas de diversos setores (químico, alimentício, têxtil, papel e celulose, metalúrgico, etc.) usam e/ou reciclam 29 tipos de resíduos (incluindo sólidos, efluentes e emissões gasosas) gerados pelo grupo.

O projeto foi liderado pelo “Business Council for Sustainable Development for the Gulf of Mexico” (BCSD-GM), com a participação de organismos governamentais como a “US Environmental Protection Agency” e o “NAFTA’s Commission for Environmental Cooperation (CEC)” e organismos não governamentais como a Fundação AVINA e a Fundação Ford, o que permitiu maior agilidade e legitimidade no planejamento e na implementação do projeto.

²⁵ RUBY, E.C. Utilização da técnica de landfarming pelas empresas de petróleo. Apresentação na Disciplina AQ – 012 - Análise do Ciclo de Vida do Curso de Especialização em Tecnologia e Gestão Ambiental do PECE. Maio 2001.

Este exemplo demonstra que trabalhando juntas, ao reusar estes materiais como matéria-prima, em vez de dispô-los como resíduos, estas indústrias economizam energia, reduzem os danos ambientais, diminuem as emissões de gases estufas, diminuem a demanda por matéria-prima e por aterros, além de descobrirem novas oportunidades de negócios.

Outra metodologia inovadora de avaliação de impactos, que utiliza o princípio “do berço ao túmulo” é proposta por MROUEH et al (2000) num procedimento que compara os impactos ambientais gerados pela reciclagem de resíduos industriais em pavimentação e em construções de terra. O método utiliza a Análise do Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta para a avaliação dos impactos e inclui ensaios de lixiviação para determinar a quantidade de contaminantes lançados no meio ambiente. Apesar da abordagem sustentável e inovadora da proposta, ela apresenta algumas lacunas que podem comprometer o funcionamento e a credibilidade do método.

Um dos pontos obscuros do trabalho de MROUEH diz respeito à definição das etapas do processo estudado e de suas fronteiras, mostrando uma aparente falta de padrão para o estudo, o que implica em pouco potencial de reprodutibilidade. Além disso, no estudo de caso apresentado pelos autores (MROUEH et al, 2000), os materiais comparados (cinza volante, concreto britado e escória de aciaria) não foram usados em aplicações similares. As variáveis do projeto como as espessuras da pavimentação (base, sub-base, capa) e os cimentos usados como aglomerante, são diferentes para cada estrutura avaliada.

O uso de tal critério é perigoso pois não reflete o impacto do uso dos resíduos avaliados (cinza volante, concreto britado e escória de aciaria) mas sim das estruturas estudadas com todas suas variáveis influenciando no impacto final. Para um leigo ou uma pessoa pouco atenta, tais resultados podem indicar que o uso de um determinado resíduo é menos impactante que de outro – e não é o que o trabalho mostra.

Esta é uma das limitações da metodologia da ACV. Ela permite, apesar de já normalizada, uma grande liberdade aos estudos, o que pode levar a conclusões equivocadas e, principalmente, a informações imprecisas ao público (consumidor). Isto fortalece a necessidade de se usar uma metodologia que especifique as etapas do

processo a serem abordadas pela ACV e que indique como a análise deve ser estruturada – ações previstas na metodologia proposta no presente trabalho.

Outro trabalho inovador em muitos aspectos é o de JOHN (2000) que propõe diretrizes para uma metodologia multidisciplinar de P&D de reciclagem de resíduos como materiais de construção. Entre os pontos importantes citados pelo autor estão: a completa caracterização do resíduo; a busca de possíveis aplicações dentro da construção civil; a análise do desempenho frente às necessidades dos usuários, e a análise do impacto ambiental do novo produto (incluindo os riscos à saúde dos trabalhadores e usuários). O trabalho oferece a base para uma metodologia de P&D de materiais reciclados onde não apenas as etapas preliminares do estudo de reciclagem são envolvidas mas todo o processo de desenvolvimento do produto a ser lançado no mercado.

As diretrizes sugeridas pelo autor e reafirmados por JOHN e ZORDAN (2001), serviram de ponto de partida para a criação da metodologia apresentada nesta tese de doutoramento, com adaptações e mudanças necessárias, como a extrapolação da aplicabilidade para outras áreas potenciais para absorver os resíduos (não apenas a construção civil) e a participação direta de especialistas nos critérios de seleção.

Apesar das várias metodologias efetivamente propostas e aqui discutidas apresentarem na grande maioria conceitos inovadores e importantes para estes estudos, o conceito multidisciplinar – citado por vários autores (JOHN e ZORDAN, 2001; SKINNER, 1994; TOMMASI, 1994; CINCOTTO, 1988) como fundamental numa metodologia de reciclagem – ainda não faz parte destas ferramentas.

Praticamente todas as metodologias atuais abordam apenas uma (só os critérios de engenharia ou só os critérios econômicos, ou só os critérios ambientais) ou algumas avaliações (só os critérios econômicos e de engenharia; ou só os critérios de engenharia e ambientais; ou só os critérios de engenharia e de mercado) consideradas imprescindíveis para estes estudos (engenharia, econômica, de mercado, ambiental e

de saúde ocupacional)²⁶.

Além disso, ao propor uma ferramenta que permita avaliar diferentes áreas do setor industrial como potenciais “consumidores” de resíduos, é fundamental que haja a participação de especialistas de diferentes formações sobre cada uma destas áreas: ciências químicas, ciências agrárias, ciência dos materiais (cerâmica, metalúrgica, aglomerantes, plásticos, papel e celulose, etc.), ciências ambientais, etc.

Por último, ainda é preciso uma estrutura que gerencie todas estas análises e uma sistemática que garanta um processo confiável de tomada de decisões, que filtre e avalie os resultados finais de forma coerente e sistemática. De acordo com ENBRI (1994) é exatamente este o papel das metodologias nos estudos multidisciplinares: direcionar as ações e orientar os profissionais, de forma a contribuírem para uma avaliação global.

Diante deste cenário, a análise dos sistemas de reciclagem tende a se tornar cada vez mais complexa, exigindo uma metodologia que gerencie todo o processo de análise e avalie os riscos de se reciclar o resíduo, através de:

- a) uma análise técnica (ou de engenharia), que com base em critérios científicos, avalie o potencial do resíduo substituir determinada matéria-prima ou gerar um novo produto;
- b) uma análise econômica, que avalie a viabilidade de se adotar tal sistema de reciclagem em função das despesas e receitas geradas;
- c) uma análise ambiental, que avalie os impactos que o sistema de reciclagem pode gerar;
- d) uma análise de saúde ocupacional, que avalie os potenciais riscos que o sistema de reciclagem pode gerar à saúde dos trabalhadores e consumidores;
- e) uma análise de mercado, que avalie o potencial do mercado para que o produto se estabeleça e seja competitivo;
- f) uma análise hierárquica, que estabeleça uma prioridade para as alternativas de

²⁶ Há ainda um outro aspecto considerado fundamental, o social, mas que não foi considerado neste trabalho em razão do tempo disponível.

reciclagem consideradas sustentáveis.

2.5 ANÁLISE TÉCNICA

A adoção de sistemas de reciclagem em todo o mundo tem levado à utilização, em diferentes ramos do setor produtivo, de vários tipos de resíduos, tais como sucatas metálicas, microssilica, cinza volante, escória de alto forno, entre outros (RECICLAR PARA CONSTRUIR, 2003²⁷).

Para que a qualidade dos sistemas que absorvem estes materiais não seja comprometida, há a necessidade de um controle sobre o desempenho desses produtos alternativos oferecidos ao mercado.

Esse desempenho pode ser avaliado com base nos requisitos que as matérias-primas substituídas devem cumprir nos seus respectivos usos, ou com base nas necessidades dos usuários dos produtos ou materiais a serem produzidos (CIB, 1983).

Esses requisitos podem ser identificados através de consultas à especialistas em cada aplicação e também através de consultas bibliográficas sobre o assunto. A identificação através de uma revisão bibliográfica geralmente não consegue ser exaustiva para um determinado assunto, mas pode servir como ponto de partida e ser complementada por especialistas, que podem fornecer informações muito mais precisas e de forma mais rápida.

No começo deste trabalho, iniciou-se o levantamento dos requisitos para cada aplicação dos resíduos através de revisões bibliográficas e de consulta à especialistas. No entanto, com a mudança de enfoque da metodologia (ver Capítulo Método de Trabalho, subtítulo Histórico do Desenvolvimento da Metodologia), e com a avaliação de alternativas de reciclagem não mais apenas na construção civil, mas em várias outras indústrias, a definição destes requisitos passou a ser feita indiretamente, ou seja, a consulta aos especialistas foi utilizada não para identificar os requisitos

²⁷ RECICLAR PARA CONSTRUIR. Reciclagem de Resíduos como Materiais de Construção. Acesso em 08 maio 2003. Disponível na Internet <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>

necessários para cada aplicação, mas sim para já avaliar se o resíduo atende ou não às necessidades daquele uso.

Grande parte das pesquisas de análise técnica do desempenho do resíduo como material reciclado, são focadas numa única área de especialidade (geralmente a do pesquisador), o que acaba limitando a possibilidade do resíduo ser usado de maneira otimizada, ou seja, num área onde ele tenha o melhor desempenho, considerando todos os aspectos importantes (engenharia, econômico, de mercado, ambiental, de saúde).

Uma forma de minimizar este problema é a extrapolação do estudo para várias áreas industriais, onde especialistas de cada uma destas responda pelo potencial e interesse da área em reciclar o resíduo.

2.6 AVALIAÇÃO AMBIENTAL

No início do ano de 2001, veio a público o relatório “Tendências Globais”, em que o serviço de inteligência do EUA colocou as questões ambientais como um dos pontos centrais da problemática e dos conflitos globais em meados da próxima década (NOVAES, 2001a). Disponibilidade de água (que se tornará escassa para metade da humanidade) e alimentos, mudanças climáticas, desastres “naturais” e emergência e globalização de doenças, segundo o relatório, são fatores que afetarão profundamente a segurança daquele país e do mundo todo.

À medida em que aumentam estas preocupações com a manutenção e a melhoria da qualidade do meio ambiente e com a proteção da saúde humana, organizações de diversos tamanhos e setores econômicos estão voltando suas atenções para os impactos ambientais de suas atividades, de forma a identificar suas causas e gerenciá-los corretamente (ABNT-ISO, 1996a).

Neste sentido, a avaliação ambiental dos sistemas de reciclagem também se torna necessária, visto que este sistema de gestão está cada vez mais presente no setor industrial.

2.6.1 Impacto ambiental

O meio ambiente pode ser definido como um conjunto de interações complexas entre o meio suporte (elementos abióticos), os elementos vivos (elementos bióticos) e as práticas sociais produtivas do homem (MILLER, 2000). O “todo” ambiental compreende: flora, fauna, processos físicos naturais, biogeociclos, riscos naturais, utilização do espaço pelo homem, etc., e a apreciação da importância desses elementos está diretamente ligada à cultura, à classe social e às atividades de cada indivíduo (GRINOVER, 1989).

O impacto sobre esse meio, denominado impacto ambiental, é “...qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:” a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota²⁸; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Os impactos ambientais podem variar em função de vários parâmetros (CECA, 1987): quanto à qualidade (positivo ou negativo), quanto ao efeito durante sua ação (direto ou indireto), quanto à escala de alcance (local ou regional), quanto ao tempo de início da ocorrência (imediate de médio ou em longo prazo); quanto à permanência no tempo (temporário, permanente, cíclico ou reversível).

Dos parâmetros acima descritos, apenas os impactos positivos ou benéficos não serão considerados neste trabalho²⁹.

Atualmente, tem havido consenso entre a comunidade científica mundial quanto às categorias de impactos que vem despertando maior preocupação em relação à saúde do nosso planeta.

²⁸ Conjunto da flora e fauna de uma região; bioma (MICHAELIS, 2001).

²⁹ Os impactos positivos não serão abordados por se considerar que eles estão relacionados, na maioria das vezes, a benefícios coletivos e, dessa forma, devem ser tratados numa análise dos benefícios sociais da reciclagem, enfocando as conseqüências benéficas às comunidades atingidas. No entanto, as questões sociais não serão aqui avaliadas por não fazerem parte do escopo.

De acordo com a “Segunda Avaliação do Meio Ambiente da Europa”, por exemplo, os 12 principais problemas ambientais atuais são: mudança do clima; diminuição da camada de ozônio na estratosfera; chuva ácida; ozônio da troposfera; agentes químicos; lixo; perda de biodiversidade; águas do continente; meio ambiente marinho e costeiro; degradação do solo; meio ambiente urbano; acidentes tecnológicos e naturais (CIB, 2000).

O CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*) aborda na “Agenda 21 para a construção sustentável” (CIB, 2000), o enfoque de alguns países em relação às suas preocupações ambientais, como:

Finlândia: uso de recursos naturais não renováveis; consumo de matéria-prima; geração de resíduos; reciclagem dos materiais de construção.

França: poluição nos canteiros de obras (resíduos); exploração de recursos naturais; consumo de matéria-prima; retirada e uso de recursos energéticos; geração de resíduos; impacto direto da construção no meio ambiente local.

Japão: durabilidade dos edifícios; consumo de recursos naturais; consumo de água; consumo de energia; poluição da água, ar e solo.

Holanda: esgotamento de recursos naturais; emissões tóxicas; consumo de água e energia; uso eficiente de matéria-prima; impactos no ciclo de vida dos produtos; geração de resíduos; durabilidade e reciclabilidade dos materiais de construção.

Muitas diferenças de atribuição de importância aos impactos podem aparecer no patamar mundial, entre o Norte e o Sul, por exemplo. Este fato é importante, pois como as condições regionais variam muito ao redor do mundo, a estratégia para o meio ambiente deve ser analisada segundo as necessidades regionais e globais. Conforme avalia CIB (2000), a variedade dos problemas e a pressão que impõem à região onde estão, não devem implicar no menosprezo aos problemas globais, como o efeito estufa e o esgotamento da camada de ozônio.

Para BRAGA et al (1999) os seguintes impactos devem fazer parte das discussões sobre a degradação ecológica: consumo de energia, eutrofização acelerada,

contaminação da água, esgotamento de recursos naturais, erosão e desertificação, poluição do solo, água e ar, smog industrial e fotoquímico, efeito estufa, destruição da camada de ozônio, deposição ácida.

UNEP (1996) cita como principais categorias de impactos: esgotamento de recursos materiais; esgotamento de recursos energéticos; efeito estufa; destruição da camada de ozônio; acidificação do solo e de lagos (deposição ácida); eutrofização; formação fotoquímica de ozônio; toxicidade humana; toxicidade aquática; toxicidade terrestre.

Dentre as categorias de impacto apresentadas acima, muitas acabam repetindo ou particularizando efeitos já mencionados em outras. Por exemplo, o efeito estufa acaba sendo uma consequência ou um efeito gerado pela poluição do ar; a eutrofização acelerada é um dos tipos de poluição das águas, como a acidificação dos lagos e solos é uma consequência da poluição do ar.

2.6.2 Lixiviação de contaminantes

Um dos critérios mais usados para a avaliação dos impactos ambientais em resíduos reciclados é o uso de ensaios de lixiviação, que identificam a quantidade de contaminantes presentes no resíduo que podem ser liberados para o meio através do processo de lixiviação.

Há várias formas da lixiviação ocorrer. No caso dos resíduos reciclados, todo líquido que entrar em contato com esse material (em quantidade e por períodos de tempo significativos) em qualquer das etapas de seu ciclo de vida, pode gerar o processo de lixiviação. Por exemplo, durante seu armazenamento, quando expostos à chuva, ou durante seu uso, quando aplicado em fundações, tubulações de água ou fachadas sujeitas à ação da chuva (VAN DER SLOOT et al., 1997).

Assim, o teste de lixiviação é um importante parâmetro para avaliar o potencial de um resíduo causar danos ambientais, não apenas durante seu depósito ou disposição, mas também durante sua utilização como produto reciclado.

No entanto, vale novamente mencionar, que os ensaios de lixiviação medem apenas a possibilidade de impacto gerada pela liberação dos contaminantes presentes no

material ensaiado. Todos os outros impactos gerados por diferentes fatores (extração de recursos naturais, geração de efluentes, geração de ruídos, geração de emissões, etc.) precisam de uma outra forma de análise, mesmo que subjetiva.

O Anexo A (O Mecanismo da Lixiviação) apresenta uma breve revisão sobre o mecanismo da lixiviação e dos fatores que o influenciam.

2.6.2.1 Métodos de avaliação da lixiviação

Os testes de lixiviação possuem várias funções: avaliar como a lixiviação ocorre num sistema, permitindo confrontar os dados encontrados com valores normalizados; avaliar, num modelo real, a migração da contaminação mundial em relação a um dado elemento químico (BIALUCHA, 2000); avaliar as condições de ocorrência da lixiviação, os mecanismos de percolação, os fatores intervenientes e os princípios envolvidos no processo (LAGREGA et al, 1994), etc. Devido a estes objetivos distintos, vários ensaios estão envolvidos na análise da lixiviação.

São várias as diferenças entre os testes disponíveis, como o tipo do líquido utilizado, o pH do solvente, o tempo de contato, a relação sólido/ líquido e o sistema de contato. Alguns simulam uma situação de equilíbrio líquido - sólido, outros forçam a percolação do líquido pelo material e outros ainda indicam a renovação periódica da solução lixivante (THORSEN et al., 2001).

“Tank Leaching Test”

Os "tank tests", ou *testes de imersão*, são os testes mais usados para os materiais monolíticos e para se verificar a eficiência de processos de estabilização de resíduos.

Nestes testes os corpos-de-prova da estrutura a ser avaliada (como argamassas e concretos), ficam submersos no líquido lixivante para avaliar-se a lixiviação na estrutura monolítica. Os resultados são apresentados em função da quantidade liberada (*release*) de contaminantes por unidade de área (mg/m^2).

O lixivante usado é normalmente água destilada, ou água destilada ácida. Pode-se também utilizar água enriquecida com dióxido de carbono para investigar o efeito de

águas agressivas ao concreto ou argamassas (VAN DER SLOOT et al., 1997).

Os resultados destes testes são influenciados por fatores como tempo de cura da estrutura, tempo de exposição e condições ambientais, como a concentração de CO₂. Quando estruturas de concreto, por exemplo, estão expostas ao CO₂, a quantidade de material lixiviado aumenta, indicando que nas baixas condições de pH, criadas pelo gás, os elementos podem ser lixiviados mais facilmente em um período relativamente curto de tempo. Da mesma forma, concretos de pequena idade (1 mês de cura) são lixiviados mais facilmente do que concretos mais antigos (5 meses de cura), reflexo da contínua hidratação do cimento, e conseqüente formação de numa estrutura mais densa (VAN DER SLOOT et al., 1994).

Os testes de imersão, além de indicar a quantidade de material lixiviado, ou a eficiência de processos de encapsulamento, também indicam a dinâmica do processo de lixiviação em função do tempo, em estruturas monolíticas, permitindo a descrição dos mecanismos ali atuantes, como por exemplo, a identificação do coeficiente de difusão. Uma das grandes vantagens é que a espécie não precisa ser triturada, simulando assim o comportamento em materiais de construção compactos. Em combinação com os testes de extração, eles fornecem valiosas informações sobre impactos ambientais causados pela lixiviação (HOHBERG e RANKERS, 1994).

"Column leaching test"

Estes testes procuram simular o processo de lixiviação da água de chuva que infiltra e percola através de resíduo granular. Ele consiste na passagem de lixiviante por uma amostra de resíduo depositada numa coluna vertical, e posterior coleta do lixiviado para análise. O fluxo é geralmente mais acelerado que a condição real, e a duração do ensaio é de várias semanas ou meses (VAN DER SLOOT et al., 1997).

Estes testes são de difícil execução e não são facilmente reproduzíveis. No entanto, por representarem um fluxo contínuo de líquido através do sólido analisado, permite uma maior representatividade das condições reais de lixiviação conduzidas pela percolação (HOHBERG e RANKERS, 1994).

Testes de extração ou "batch leaching test"

São os testes que avaliam o potencial de lixiviação de um material, fornecendo uma indicação da quantidade de cada elemento lixiviado sob condições específicas de ensaio (VAN DER SLOOT, 1991).

O material na forma granular ou em pasta é colocado em contato com o lixiviante em um ambiente fechado ou aberto e agitado por um determinado período - normalmente por tempo suficiente para atingir condições de equilíbrio. A solução é filtrada e o líquido é analisado quanto à concentração de contaminantes. O tempo de contato pode variar de algumas horas a poucos dias (VAN DER SLOOT, 1997).

Norma brasileira

O ensaio de lixiviação de resíduos estabelecido pela ABNT e indicado pela NBR10.004 - "Resíduos Sólidos - Classificação" é especificado pela NBR10.005 (ABNT, 1987) e é baseado no método "Extraction Procedure Toxicity Test, method 1310" (EP tox test), da agência ambiental norte-americana, a USEPA. Os resultados fornecidos pelo ensaio indicam o potencial do resíduo liberar contaminantes ao meio ambiente.

O ensaio consiste na extração e análise das concentrações de espécies lixiviadas. A amostra bruta do material deve ter 100g no mínimo e superfície específica superior à $3,1\text{cm}^2/\text{g}$ ou material passante na peneira 9,5mm. Em seguida ele deve ser colocado em água deionizada na proporção de 16:1, e submetida por 24 horas com pH ajustado em torno de 5, ou menos. A norma prevê ainda o uso de um martelo de compactação para fragmentação da amostra caso ela seja monolítica, antes de ser submetida ao ensaio (CAVALCANTE e CHERIAF, 1996).

2.7 AVALIAÇÃO DE SAÚDE OCUPACIONAL

Segundo definição da OMS (Organização Mundial da Saúde) (WHO, 2003) saúde é o equilíbrio e bem estar físico, mental e social e inclui: (a) a saúde física ou orgânica, como resultado do funcionamento do corpo humano; (b) a saúde psíquica, que pressupõe um equilíbrio intelectual e emocional; (c) a saúde social ou bem estar na

vida relacional do indivíduo.

As alterações do ambiente geradas por condições de trabalho podem criar fatores agressivos para a saúde (fatores mecânicos, biológicos, agentes físicos, contaminantes químicos, etc.). Esses agentes podem dar lugar aos riscos profissionais: acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, fadiga, envelhecimento e desgaste prematuro, insatisfação, etc. (WELLS, 1996).

Quando atividades insalubres ou perigosas fazem parte da atividade, a situação é ainda mais delicada, comprometendo ainda mais a saúde dos trabalhadores e em alguns casos até mesmo da sociedade vizinha.

Um exemplo de como isso pode atingir graves proporções ocorreu em 2001 na cidade de Bauru, interior de São Paulo, onde a Indústria de Acumuladores Ajax – uma das maiores fábricas de baterias automotivas do país – gerou a contaminação por chumbo (sua matéria-prima) do solo, vegetação, animais e mais de 260 casos de contaminação humana num raio de 1 quilômetro da indústria (O Estado de São Paulo, 2002b).

Os problemas de saúde ocupacional podem também estar relacionados aos consumidores, quando, por exemplo, durante o seu uso, os produtos liberam substâncias tóxicas voláteis ou permitem a lixiviação de contaminantes.

Além do custo humano envolvido com acidentes e doenças ocupacionais, há também o custo financeiro envolvido (aos indivíduos, às empresas e à sociedade em geral). Segundo a BSI (1996), um estudo do Health and Safety Executive (Reino Unido) indica que o custo global para os empregadores, decorrentes de acidentes do trabalho com ferimentos pessoais, com doenças relacionadas com o trabalho e acidentes evitáveis não causadores de ferimentos, é estimado como equivalente a 5% a 10% dos lucros brutos de todas as empresas do Reino Unido.

A reciclagem de resíduos, além dos riscos comuns a outras atividades industriais, possui grande potencial para gerar problemas de saúde ocupacional, devido à presença corriqueira de contaminantes nos resíduos.

Embora a legislação relativa à saúde e segurança ocupacional exija das organizações a administração de suas atividades de forma a prevenir situações passíveis de acarretar problemas aos seus trabalhadores, as empresas geralmente cumprem apenas o mínimo exigido, o que nem sempre representa um ambiente de trabalho adequado ao bem estar de seus funcionários (BUREAU VERITAS, 2002).

Diante desta realidade, a avaliação – ainda na fase de projetos – da saúde e segurança ocupacional dos empreendimentos, possibilita a adoção de alternativas que apresentem menores riscos ao ser humano, sem que haja a necessidade de futuras modificações ou transformações (custos) para se adaptar às exigências legais.

As ferramentas mais utilizadas para avaliar os riscos ocupacionais envolvidos com os sistemas de reciclagem são as técnicas de análise de riscos (TARALLI, 2001). O item 2.9.4 – Análise de Risco, apresenta uma breve revisão sobre as técnicas disponíveis.

2.8 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E DE MERCADO

Um sistema de reciclagem, a partir do momento em que ele passa a se caracterizar como um sistema industrial, é similar a qualquer outra atividade econômica. Dessa forma, um dos fatores mais importantes para que ele se estabeleça no mercado é a sua viabilidade econômica.

Conforme observam BELLMANN e KHARE (2000) em avaliações econômicas de sistemas de reciclagem, a garantia da rentabilidade destas atividades é uma condição necessária para uma empresa optar pelo seu investimento.

Assim, aspectos relacionados à instalação, produção, comercialização e mercado, são partes essenciais das tecnologias de reciclagem de resíduos – embora freqüentemente negligenciados – podendo determinar o sucesso ou o fracasso do produto reciclado.

2.8.1 O ciclo de vida do sistema de reciclagem

Um fato comum nos estudos de reciclagem que utilizam algum tipo de abordagem econômica é que geralmente os aspectos estudados se concentram em apenas uma ou

outra parte do processo, ou seja, nem sempre são considerados os custos de todo o ciclo do processo de reciclagem: coleta, limpeza ou transformações do material, confecção de componentes e produtos, etapas de transporte, uso do produto gerado (reciclado) e finalmente, os custos relacionados a atividades pós consumo (como os custos de gerenciamento dos novos resíduos gerados).

Por outro lado, um estudo econômico que englobe todas estas etapas do ciclo da reciclagem possui maiores probabilidades de fornecer resultados mais confiáveis e menos “mascarados”.

Conforme salienta MOURA (2000b), a saúde financeira e a competitividade de uma empresa dependem de uma análise econômica em todas as atividades, desde o projeto até a seleção de sistemas e equipamentos, instalação e operação, incluindo todas as relações econômicas do sistema com o meio ambiente.

Para identificar tais relações, uma análise nos aspectos econômicos de todo o ciclo de vida do sistema de reciclagem é portanto uma condição necessária.

No entanto há uma importante diferença entre o período de tempo usado para medir o desempenho ambiental (Análise do Ciclo de Vida) e o tempo para medir o desempenho econômico (Custos do Ciclo de Vida). Para a análise ambiental, o tempo começa com a aquisição ou extração da matéria-prima e termina no final da vida útil do produto gerado. Já na análise econômica o período é pré-fixado, tendo início com a compra e instalação do produto/ atividade e fim em algum ponto do futuro, não necessariamente no final da vida útil do produto (LIPPIATT, 1998).

2.8.2 O mercado como fator decisivo

O sucesso dos sistemas de reciclagem como atividade econômica não depende apenas dos investimentos, custos e receitas envolvidos, mas também de como se comporta o mercado no qual o produto reciclado vai atuar. Segundo DUCHIN e LANGE (1998), o mercado dos materiais reciclados tem determinado o sucesso ou o fracasso de determinados sistemas de reciclagem de resíduos, de forma bastante significativa.

Esta situação torna-se ainda mais crítica se analisarmos sob o conceito introduzido por SKINNER (1994). Segundo o autor, a separação de materiais da cadeia de resíduos sólidos ou sua transformação em um novo produto não é si uma reciclagem. Esta somente ocorre quando estes materiais são incorporados a produtos e estes são comercializados.

A partir desta definição, pode-se concluir que se o novo produto não possuir um mercado de fato, e ele tiver de ser posteriormente disposto, todo o sistema (coleta, transformação, manufatura, etc.) e todos os custos aí envolvidos, terão sido em vão.

Um exemplo deste fato ocorreu nos EUA, nos anos 80 (SKINNER, 1994), e na Alemanha, nos anos 70 (GARDNER e SAMPAT, 1999), quando o sucesso de programas de coleta seletiva de jornal, e de garrafas de vidro, respectivamente, tornaram o volume destes materiais reciclados grande demais para ser absorvido pelos pequenos mercados ainda “não preparados” na época.

Uma análise apropriada dos mercados envolvidos com aqueles dois sistemas de reciclagem poderia ter evitado o problema. Além disso, avaliações de mercado permitem revelar outras dificuldades como uma possível concorrência acirrada que o produto poderá enfrentar ou preconceitos de consumidores com relação ao uso de resíduos num determinado tipo de produto.

Neste estudo de mercado a presença do gerador do resíduo é fundamental. Conforme observa JOHN (1996) este detalhe é importante, pois contribui para a qualidade técnica e operacional das pesquisas e aumenta a chance dos geradores adotarem a tecnologia de reciclagem avaliada.

2.8.3 Parâmetros a serem analisados

Vários autores têm indicado parâmetros importantes que, segundo eles, devem ser considerados numa análise econômica dos sistemas de reciclagem de resíduos.

CINCOTTO (1988) alerta para o fato de que a quantidade disponível de resíduos gerados deve ser suficientemente grande para justificar a implantação de um sistema e sua manutenção. Além disso, chama a atenção para o fato de que as distâncias de

transportes envolvidas devem ser competitivas com os materiais convencionais concorrentes.

A quantidade de resíduo disponível é sem dúvida um aspecto importante pois pode evitar problemas oriundos da geração sazonal de alguns resíduos, como a falta de produto reciclado no mercado, nos meses de baixa geração. As grandes distâncias são também um fator importante, principalmente num país de grandes extensões territoriais como o Brasil.

Os custos de transportes representam uma parcela significativa dos custos totais das atividades industriais e serviços de coleta, entrega, venda e distribuição e muitas vezes inviabilizam empreendimentos quando envolvem grandes distâncias (HAHN, 1998).

Segundo um levantamento de QUIRJNEN (1999), no caso da reciclagem de resíduos, as distâncias entre o gerador e o local de transformação, ou entre aquele e o mercado consumidor, são geralmente as distâncias mais críticas. DUCHIN e LANGE (1998) consideram que embora a reciclagem seja um componente necessário ao gerenciamento de resíduos, em muitos países ela não é aplicada porque envolve áreas remotas e populações esparsas³⁰, o que implica em grandes distâncias de transporte e, conseqüentemente, custos elevados.

Para avaliar corretamente os custos envolvidos com as atividades de transportes, é importante identificar os principais fatores envolvidos. Uma abordagem interessante é apresentada por ETENE (1968), que considera que os custos de transportes dependem de 3 fatores: peso transportado, distância de transporte e tarifas cobradas. Este último engloba outros fatores como: tipo de transporte (ferroviário, rodoviário, fluvial, marítimo, aéreo, etc.), direção do transporte (pois envolvem fretes de retorno), topografia, clima, estrutura regional de transportes e tipo de mercadoria a ser transportada.

³⁰ Geralmente nestes locais os aterros também são baratos e abundantes, o que favorece a inércia dos órgãos ambientais.

Outros aspectos importantes são também citados por BELLMANN e KHARE (2000), como por exemplo o valor monetário dos produtos concorrentes, os custos de coleta, de transporte, de separação, transformação e gerenciamentos de novos resíduos gerados. Cada um destes aspectos faz parte de etapas distintas do ciclo de vida do produto reciclado.

A garantia da qualidade técnica dos produtos reciclados depende, assim como todo produto em fase de lançamento, de investimentos em pesquisa (LUND, 1993). Estudos sobre o resíduo a ser reciclado e sobre o desenvolvimento dos materiais/componentes a serem produzidos, são portanto essenciais para o seu sucesso no mercado (JOHN, 2000).

Os investimentos iniciais para a instalação de um sistema industrial afetam diretamente os custos de um empreendimento e podem, já num primeiro momento, desestimular a sua implantação. Segundo BELLMANN e KHARE (2000), algumas indústrias, como as de produtos químicos e de petróleo, gastam quantias enormes em P&D de seus produtos, adequando-os às legislações e avaliando a segurança do consumidor em diversas situações de uso do material.

A credibilidade dos materiais reciclados também está condicionada a este tipo de compromisso. Dessa forma, os custos envolvidos nestes estudos devem ser considerados numa análise econômica dos sistemas de reciclagem.

Para SKINNER (1994), o sucesso de um programa de reciclagem possui relação direta com a competitividade do sistema adotado e com a adequação ambiental (*environmentally friendly*) da tecnologia utilizada.

De fato, estes dois fatores devem sempre ser considerados na análise econômica da reciclagem pois de nada adianta um sistema ambientalmente perfeito e economicamente inviável, e tão pouco um sistema altamente rentável que não traga nenhum benefício ambiental.

Para QUIRIJNEN (1999), um sistema ideal e otimizado seria aquele de alto rendimento, com baixo consumo de energia, baixa manutenção em todo o ciclo de vida do produto e baixos custos com mão-de-obra.

Dentro destes aspectos citados por QUIRIJNEN, o consumo de energia é extremamente crítico na indústria de transformação, pois afeta diretamente o preço final do produto. Um exemplo clássico é o da produção de alumínio que, embora seja realizada via de regra através de processos modernos, com baixos impactos ambientais diretos³¹, consome quantidades enormes de energia. Segundo MOURA (2000), cerca da metade do preço do produto final é decorrência dos custos energéticos.

Os custos com o consumo de água, combustível, energia e matéria-prima também são bastante significativos nas atividades industriais. Em alguns setores, como nas para as empresas químicas (HAHN, 1998), os custos com o consumo de matéria-prima podem representar mais de 50% dos custos de produção. Quando somados aos custos com energia e mão de obra eles representam mais de 70% dos custos de produção, segundo o autor.

Os custos de manutenção dos materiais reciclados também possuem influência sobre o futuro do produto reciclado no mercado, pois, embora não façam parte diretamente dos custos do sistema produtivo, estão inseridos no ciclo de vida do sistema de reciclagem e interferem na decisão do consumidor no momento de aquisição do produto.

É comum se considerar que os custos envolvidos nas etapas posteriores à inserção do produto reciclado no mercado - mais especificamente após a fase de uso do produto - são, na maioria das vezes, pagos pelo consumidor e, portanto, não influem diretamente no custo de produção. Entretanto, estes custos podem influir na aceitação do produto no mercado e, dessa forma, é importante que sejam considerados em estudos de viabilidade econômica dos sistemas de reciclagem.

Um exemplo é quando o custo de manutenção é significativo a ponto de ser considerado no momento da compra. Estudos em instalações militares dos EUA

³¹ O consumo de energia contribui indiretamente para a ocorrência de vários impactos ambientais causados pela produção da energia, em praticamente todas as formas tradicionais (hidroelétrica, termoeletrica, nuclear, etc.).

indicam que os custos de manutenção durante o ciclo de vida de um produto ou empreendimento podem ser muitas vezes superiores ao custo de aquisição do bem (DHILLON, 1996).

Até bem pouco tempo, os custos ambientais sempre foram negligenciados nas análises econômicas de empreendimentos. Isto acabava levando à análises enganosas sobre o custo real de um empreendimento e à adoção de alternativas nem sempre eficientes ambiental e economicamente – analisando-se os custos de todo o ciclo de vida do sistema.

No caso dos investimentos em reciclagem, costumava-se considerar apenas os custos que a empresa deixaria de ter, relacionados à disposição dos resíduos em aterros ou com o pagamento de multas, conforme observa FELDMANN et al. (1999).

No entanto, este critério vem sendo alterado e os custos ambientais estão cada vez mais presentes nas análises de investimentos industriais e financeiros.

Os custos ambientais, particularmente numa indústria de transformação, como a indústria de reciclagem de resíduos, geralmente estão relacionados às gerações de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) dentro do sistema. Contudo, outros custos indiretos como aqueles relacionados ao consumo de recursos naturais, e à degradação de fauna e flora também podem ser considerados numa avaliação criteriosa e sistemática.

De acordo com MOURA (2000), em seus estudos econômicos ligados ao meio ambiente, identificar e quantificar estes custos é hoje tão importante como conhecer os custos com mão-de-obra, materiais, vendas, qualidade, etc., pois eles subsidiam importantes decisões da alta administração, com relação aos investimentos e aplicações de recursos materiais e humanos de uma empresa.

E isto não vem ocorrendo apenas no meio industrial. Até mesmo o setor financeiro está começando a se preocupar com os custos ambientais. Segundo o vice-presidente para o meio ambiente do “Bank of America”, danos ambientais podem levar a pesadas multas que afetam o fluxo de caixa das empresas e conseqüentemente sua rentabilidade, quando não, a própria insolvência (HENRY, 2000). Nos EUA, alguns

bancos já foram inclusive responsabilizados juridicamente, em 2000, por danos causados ao meio ambiente pelas empresas que eles financiavam.

Assim, é importante que os estudos de viabilidade econômico-financeira dos sistemas de reciclagem incluam os custos ambientais, não apenas devido à exigência do mercado, mas também como uma forma de garantir que os principais custos do ciclo de vida do sistema sejam considerados.

Os custos relacionados à demolição e ao gerenciamento de resíduos gerados, por exemplo, geralmente não são considerados nos custos de produção. Porém, com o aumento no rigor das legislações ambientais (sobretudo com a atribuição de responsabilidades ao gerador do resíduo), estes custos provavelmente começarão a ser incorporados à cadeia produtiva do material/ componente reciclado.

Estes resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) gerados em qualquer etapa do sistema de reciclagem que não puderem ser reusados e reciclados, dependendo de suas características³², exigem maior ou menor tecnologia para o seu gerenciamento (recuperação, tratamento, disposição, etc.) – o que resulta num maior ou menor custo de investimento. Segundo LAGREGA et al (1994) estas exigências estão geralmente relacionadas à periculosidade do resíduo a ser tratado e às legislações ambientais que estabelecem os limites para definir estas periculosidades.

Outro indicador de custos ambientais envolvidos nos sistemas de reciclagem são as atividades de desmonte ou desconstrução – procedimento usual na maioria dos países europeus e da América do Norte – que é uma tendência mundial como resultado do desenvolvimento sustentável (CIB, 2000). Estas atividades geralmente produzem muitas vantagens ambientais, tanto pelo reuso do material como pela diminuição de custos com o aterramento e com a reciclagem dos resíduos.

A maior ou menor dificuldade para a desconstrução do material/ componente reciclado influencia o custo social dos sistemas e também pode ser considerada como

³² Determinam estas características tanto o resíduo que deu origem ao produto reciclado, quanto as matérias-primas envolvidas na reciclagem.

um dos indicadores do custo ambiental.

O tipo e a qualidade de resíduos que um determinado produto gera na sua produção - durante sua vida útil ou ao final dela - trará, cada vez mais, indícios do seu sucesso ou fracasso numa economia em busca da sustentabilidade.

Isto vem sendo percebido por algumas cadeias produtivas que começam a se adequar a este novo cenário. Um exemplo é a modificação no “design” de produtos na indústria automobilística, com o objetivo de melhorar a qualidade dos resíduos gerados ao final de sua vida útil, o que evita custos como os de separação, limpeza e processamento do resíduo dentro do processo de reuso e reciclagem (BELLMANN e KHARE, 2000).

Em virtude da falta de locais para os aterros e da tendência mundial de redução do consumo de recursos naturais, as taxas cobradas para o aterramento têm sido cada vez mais elevadas, principalmente nos grandes centros, conforme constata DUCHIN e LANGE (1998).

Dessa forma, o potencial de reciclagem de um resíduo - sua “reciclabilidade” - indica (principalmente num futuro próximo) menores gastos com o gerenciamento do resíduo gerado e até mesmo lucros (MEIO CIRCULANTE, 2000), reduzindo assim, os custos do sistema.

Isto é extremamente importante considerando que, segundo BELLMANN e KHARE (2000), poucas companhias acreditam que os produtos reciclados possam ser vendidos a altos preços ou que estas possam ganhar parte do mercado vendendo produtos contendo reciclados. Isto significa, segundo os autores, que elas vendem materiais reciclados apenas para não perder dinheiro.

Sobre esse ponto de vista, a decisão de reciclar ou não, dentro de um contexto econômico, parece portanto ser baseada na condição da companhia considerar se ela vai ou não diminuir seus custos.

Segundo JOHN (2000), a causa econômica envolvida num sistema de reciclagem pode, no entanto, ser superada por ações do poder público.

As administrações públicas (municipais, estaduais ou federais), através de políticas de incentivo ao uso de reciclados, podem criar condições de mercado favoráveis a estes produtos. Estas políticas, quando transformadas em incentivos fiscais ou legais, podem contribuir para o aumento da reciclabilidade de muitos tipos de resíduos.

A cobrança de taxas sobre a quantidade de resíduos municipais coletados ou a obrigação de reciclagem de determinados produtos ao final da sua vida útil (como por exemplo os automóveis), produziram o aumento da reciclagem destes dois tipos de resíduos na Alemanha (DUCHIN e LANGE, 1998).

Outros tipos de incentivos têm sido adotados em diferentes países, visando estabelecer condições para que a reciclagem seja implementada com sucesso:

- Nos EUA, por exemplo, o governo federal estabeleceu uma política nacional para a compra de produtos e serviços “ambientalmente corretos”, com menor agressão ao ambiente e à saúde humana – analisando todo o ciclo de vida (CLINTON, 1993).
- A obrigação de um conteúdo mínimo de materiais reciclados em um determinado produto como jornais, na Alemanha (DUCHIN e LANGE, 1998) e os materiais de construção nos EUA³³ (DETR, 1999);
- A proibição da disposição de determinados resíduos em aterros, a limitação do tempo e da quantidade permitida de armazenamento do resíduo, a concessão de autorização somente aos coletores e recicladores que cumprirem estritamente as leis de proteção ambiental e à saúde pública (QUIRIJNEN, 1999), ou o estabelecimento de taxas para deposição do resíduo, como na Dinamarca (LAURITZEN, 1998).

Portanto, a existência ou não de incentivos legais ou fiscais aos produtos reciclados pode influenciar positivamente um determinado sistema de reciclagem e deve ser considerado num estudo de viabilidade.

³³ A USEPA estabeleceu metas para a adição de 15% de cinzas de escória de alto-forno no cimento Portland, além de outros resíduos a serem adicionados às tintas e aos isolantes térmicos (EPA, 1999b).

2.8.4 *Análise de mercado*

Segundo BELLMANN e KHARE (2000), os materiais reciclados são vistos como inferiores aos materiais virgens em muitas partes do mundo. Para estes consumidores, a compra de produtos confeccionados com reciclados seria considerada como um sacrifício a ser feito em favor do meio ambiente.

Embora este comportamento mostre uma visão preconceituosa para com os produtos reciclados, que deve ser combatida (por exemplo com a produção de materiais com qualidade igual ou superior aos produtos naturais), há neste comportamento uma característica positiva: a sensibilidade ambiental, que embora nestes casos descritos pelos autores indicam que a consciência dos consumidores está vinculada a um “sacrifício” que deve ser feito ao meio ambiente, ela muitas vezes é construída sob percepções sólidas das vantagens ambientais que podem estar envolvidas com os “produtos verdes”. Num mercado consumidor “ambientalmente sensível” e de boa capacidade financeira, um produto reciclado pode ser beneficiado por essa “valorização” de produtos sustentáveis.

No caso brasileiro, segundo JOHN (2000), este preconceito pode não ser real e esta dúvida só pode ser resolvida através de pesquisa de mercado. Nesta mesmo raciocínio, MORENO (1998), afirma que o consumidor brasileiro prefere sim os produtos com menor impacto ambiental, desde que mantidos o preço e a qualidade. Segundo DETR (1999), uma pesquisa realizada na Inglaterra demonstrou que apenas 3% dos consumidores desistiriam de uma compra se soubessem que o produto é reciclado, enquanto 37% veriam como positivo a presença de material reciclado.

Este tipo de comportamento de valorização dos produtos “ambientalmente corretos” só tende a aumentar com a difusão da conscientização ambiental – consequência de um desenvolvimento sustentável. Assim, a avaliação do grau de aceitação ou de valorização de “produtos verdes” também pode contribuir para uma avaliação de produtos reciclados.

A concorrência com outros produtos já consolidados no mercado é um dos principais indicadores do sucesso ou fracasso do novo produto (CORSTEN e WILL, 1993). Esta concorrência pode ser caracterizada tanto pela quantidade e qualidade dos

produtos concorrentes como pela tendência de novos concorrentes serem lançados no mercado (ANDERSON, 1997).

Variações na demanda e oferta dos resíduos geralmente causadas por oscilações da produção do material que gera o resíduo constituem um dos grandes problemas que a indústria da reciclagem costuma enfrentar. Segundo FELDMANN et al. (1999), as empresas dificilmente passam anos consecutivos numa mesma situação de lucros e prejuízos devido às freqüentes oscilações do mercado.

O interesse do gerador do resíduo em garantir a reciclagem ou em fazer parte do processo, é também extremamente importante para o sucesso do produto reciclado no mercado (FELDMANN et al., 1999).

Outro problema citado por JOHN (2000), é o fato da disponibilidade do resíduo ser inelástica em relação à demanda, criando um forte risco de valorização do resíduo caso a demanda por ele cresça significativamente, o que aumenta os riscos de investimento num sistema de reciclagem. Segundo o autor, a associação entre a empresa geradora do resíduo e a empresa recicladora pode evitar estes tipos de problemas, como o caso da siderúrgica inglesa *British Steel*, que se aliou a um grupo com interesses na indústria da construção civil, para a reciclagem de escórias.

Conforme concluem BELLMANN e KHARE (2000), a inserção do gerador do resíduo na cadeia da reciclagem permite até mesmo o aumento ou a estabilização da produção (produtos principais) como uma forma de manipulação do mercado dos materiais reciclados.

A confiabilidade nos produtos reciclados é outro problema que a associação do gerador do resíduo ao sistema de reciclagem pode evitar, principalmente quando se trata de grandes empresas, consolidadas no mercado.

A reciclagem de automóveis é um bom exemplo do efeito desta “garantia”, onde os itens desmontados, ao serem vendidos,³⁴ “levam junto” a marca do fabricante

³⁴ Embora estes itens sejam vendidos para reuso, essa atividade também é considerada como fazendo parte do sistema de reciclagem de automóveis.

estampada na peça e esse efeito é praticamente inexistente (BELLMANN e KHARE, 2000).

DUCHIN e LANGE (1998) consideram que a análise dos mercados presentes e futuros dos produtos onde o resíduo pode ser empregado é fundamental, pois evita problemas com materiais em final de vida no mercado ou surpresas com mudanças tecnológicas já previstas para determinados produtos.

Muitas vezes, determinadas características do produto reciclado ou do mercado podem trazer vantagens competitivas a estes materiais, em relação aos seus concorrentes tradicionais, até mesmo superando diferenças de custos.

Estas características podem vir de diferenças tecnológicas (JOHN, 1995) que aumentem o desempenho dos produtos reciclados, de políticas públicas de promoção à reciclagem como os incentivos fiscais (VRIJLING, 1994) e de incentivos legais ao consumo dos reciclados (DUCHIN e LANGE, 1998), como por exemplo a redução dos custos do sistema de reciclagem através de isenções fiscais para produtos com resíduos reciclados (PINTO, 1999).

Portanto, uma análise de possíveis vantagens competitivas que produtos confeccionados com resíduos reciclados podem proporcionar frente aos produtos convencionais do mercado, pode fornecer importante indícios da viabilidade de um sistema de reciclagem.

Assim, é importante que os seguintes parâmetros sejam considerados numa avaliação econômica e de mercado dos sistemas de reciclagem:

- Distâncias de transportes envolvidas
- Investimentos iniciais (P&D, espaço para instalações, etc.)
- Necessidade de mão-de-obra
- Consumo de energia, combustível, matéria-prima
- Tipos de resíduos gerados, periculosidade e reciclabilidade dos resíduos
- Concorrência do mercado
- Vantagens tecnológicas
- Incentivos fiscais ou legais

- Demanda para o produto reciclado
- Interesse do gerador no sistema de reciclagem
- Escala do mercado

2.9 FERRAMENTAS ÚTEIS À METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta metodologia algumas ferramentas já conhecidas no meio científico e no mercado, serão utilizadas com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento, gerenciamento e/ou tomadas de decisões. São elas: (a) Sistema Especialista, (b) Análise Hierárquica, (c) Análise do Ciclo de Vida, e (d) Análise Preliminar de Risco.

2.9.1 Sistema especialista

O avanço tecnológico na área da informática, tanto de hardware quanto de software, permitiu que o homem transferisse para os computadores tarefas extremamente trabalhosas e repetitivas.

Embora o ser humano ainda realize muito destas tarefas de forma mais precisa que os computadores - como as tomadas de decisões, que envolvem conceitos subjetivos – as máquinas começam a ser cada vez mais utilizadas para auxiliar o Homem no processamento de grandes quantidades de informações, ou procedimentos que requeiram decisões extremamente rápidas. De acordo com DE JONG e van RAALTE (1999) dentro desta tendência de tomada de decisões pelos computadores, está a Inteligência Artificial.

A Inteligência Artificial é a designação para um sistema de softwares que realizam investigações ou análises estratégicas com autonomia própria, sem a interferência humana (WOOLDRIDGE e VELOSO, 1999). A partir dessas investigações, o sistema pode tomar decisões por si mesmo - baseadas no conhecimento humano especializado, antecipadamente fornecidas ao software – para a solução de problemas de domínio restrito, ou seja, problemas específicos de determinada área de especialidade humana (GRANT, 1987).

Ao conjunto de cada um destes elementos denomina-se Sistemas Especialistas (SE).

Portanto os SE são formados por "*softwares*" que incorporam conhecimentos sobre uma determinada área de especialização, e dentro dessa área realizam inferências, tiram conclusões e aconselham nas resoluções de problemas. Eles são constituídos de uma "base de conhecimento", onde se armazena o conhecimento humano específico sobre um determinado assunto, obtido através do conhecimento de especialistas na área (WATERMAN, 1986).

Dessa forma, peritos em determinados assuntos podem produzir programas de aplicação que auxiliam os não-peritos a resolver problemas específicos, respondendo a perguntas deste programa. Logo, os SE são programas de Inteligência Artificial (IA) que capacitam um computador a auxiliá-lo num processo de tomada de decisão. O know-how do perito humano é utilizado para instruir o computador a resolver um problema ou a tomar uma decisão.

A máquina pode, então, auxiliar ou aconselhar outros usuários na resolução do mesmo problema através: (a) do conhecimento especializado do usuário humano e (b) da habilidade do "software" para armazenar grandes quantidades de textos e dados e considerar todas as possibilidades em alta velocidade.

Assim, um Sistema Especialista, além de representar um papel análogo ao humano, de uma memória privilegiada e de um cérebro extremamente veloz, cuja ação nos poupa tempo e energia, ainda agrega três características muito importantes num sistema de tomada de decisão, nem sempre conseguidas pelo raciocínio humano (CRIPPA, 2000):

- ele não permite contradições entre fatos, raciocínios e conclusões, desde que os algoritmos sejam corretamente criados;
- ele permite argumentar com fatos incertos, imprecisos e confusos, caracterizáveis de modos diferentes, enquanto associados a uma probabilidade ou a um certo grau de semelhança;
- ele permite reiniciar, a qualquer tempo, a série de conclusões, modificando certos parâmetros, para medir o impacto de sua variação, ou para fazer emergir outros raciocínios, enquanto modifica o problema.

Analisando a proposta da metodologia desenvolvida neste trabalho, verifica-se

algumas semelhanças com um sistema especialista:

- conhecimentos científicos já consolidados servirão de base para a tomada de decisões na avaliação do potencial de reciclagem dos resíduos;
- procedimentos lógicos gerenciarão essas avaliações e direcionarão os procedimentos de investigação;
- a partir dos resultados das análises, serão tomadas decisões quanto ao potencial de reciclabilidade dos resíduos;
- as decisões serão armazenadas num banco de dados e estarão disponíveis para consultas em situações similares

Segundo FARRENY (1985), para que um sistema seja considerado especialista, alguns componentes são essenciais à sua caracterização: (a) uma *Linguagem* de expressão, que será usada para a entrada de dados do problema; (b) uma *Base de Conhecimentos*, para armazenar o conhecimento específico de determinada área que pode ser diretamente fornecido por um especialista, ou acumulado pelo sistema ao fim dos experimentos; (c) um *Motor de Inferência*, programa geral que explora o conhecimento da base precedente, considerando-a como fonte de informações e suscetível a mudanças.

Cada um dos componentes citados possui uma correspondência na metodologia proposta. A *Linguagem de Expressão* pode ser representada pelas informações que serão fornecidas ao programa em cada análise realizada (técnica, econômica/ de mercado e ambiental) ou seja, pelos valores obtidos nos ensaios.

A *Base de Conhecimento* pode ser representada pelos requisitos de desempenhos definidos pelos especialistas³⁵ em cada uma das avaliações realizadas (técnica, econômica/ de mercado e ambiental).

O *Motor de Inferência* pode ser representado pelo sistema lógico da metodologia, que gerenciará todo o sistema de processamento de dados, armazenamento, alimentação e cruzamento de informações, e tomadas de decisões.

³⁵ Ou pela revisão bibliográfica no caso do modelo proposto.

Portanto, a metodologia pode funcionar como um sistema especialista, gerenciando todo o processo de análise do resíduo e o processo lógico de tomadas de decisões

Segundo FONSECA et al (1997), o uso de Sistemas Especialistas na avaliação de reciclagem de resíduos e de escolhas de materiais de construção, não diminui a necessidade de caracterização desses materiais e o parecer de especialistas. No entanto, eles surgem como uma ferramenta de avaliação, racional e eficiente, da possibilidade de utilização de resíduos sólidos industriais em aplicações técnicas, econômicas, ambientais e socialmente viáveis.

Assim, quanto mais a metodologia for usada, maior será a possibilidade do sistema funcionar com maior rapidez pois haverá sempre um número de avaliações já realizadas, cujos resultados e decisões estarão armazenados e poderão ser usados como conhecimento adquirido.

2.9.2 *Análise Hierárquica*

A capacidade humana de modelar problemas complexos geralmente chega ao limite de sua eficácia quando ela começa a trabalhar com valores não quantitativos, como os atributos cuja mensuração é praticamente impraticável, impossível, ou extremamente custosa de se medir. Danos ambientais, beleza de uma obra de arte, conforto de uma residência, são exemplos destas características que ainda são de difícil medição ou ainda totalmente subjetivas. Nestes casos, costuma-se usar recursos analíticos que permitem uma precisão satisfatória no tratamento de variáveis qualitativas ou subjetivas.

Segundo CHAN et al (2000), dentre os vários recursos analíticos disponíveis, os métodos que trabalham com critérios de decisão possuem caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo e amplo, trazendo em sua estrutura a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes para uma abordagem sistêmica. Dentre estes métodos destaca-se, pelo alto grau de disseminação de seu uso, inclusive no Brasil, a família dos métodos AHP (Analytic Hierarchy Process) ou Processo de Análise Hierárquica, complementam os autores.

Segundo o criador do método, Thomas L. Saaty, a teoria reflete o que parece ser um

método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo propriedades comuns (SAATY, 1994). Os grupos e seus componentes podem ser hierarquizados segundo um critério estipulado. Esta tomada de decisão está ligada à avaliação de qual alternativa satisfaz melhor um conjunto de objetivos pretendidos.

A análise hierárquica apresenta hoje inúmeras variantes. Sua grande virtude reside na possibilidade de ser aplicável a situações com alto número de variáveis, de natureza distintas, tanto quantitativas como qualitativas. Seu critério de análise baseia-se em comparações de preferência de diferentes alternativas avaliadas, sempre duas a duas, de acordo com o critério de seleção e com a escala de valores adotados.

O uso de um modelo hierárquico permite que variáveis subjetivas sejam quantificadas e a partir da análise dessas variáveis avalia-se o sistema modelado. Assim, a atribuição de conceitos verbais de importância, tais como, alto, médio e baixo, podem ser transformados em conceitos numéricos adotando-se uma escala de pesos. Isto facilita muito o processo de análise quando se trabalha com um número elevado de fatores a serem comparados (LIPPIATT, 1998).

Segundo SAATY (1996), na determinação de prioridades para elementos qualitativos é possível comparar pares de elementos similares e discriminar entre os pares a intensidade de preferências. O resultado da discriminação é a importância relativa entre as variáveis.

Para um melhor entendimento do método, é demonstrado a seguir, um exemplo de sua aplicação, apresentado por SAATY (1991).

O problema consiste em determinar a luminosidade de um conjunto de cadeiras (A, B e C) colocadas em linha reta, em direção a uma luz e criar uma hierarquia para o nível de iluminação.

Inicialmente cria-se uma matriz colocando os elementos a serem avaliados em linha e em colunas:

Iluminação	A	B	C
A			
B			
C			

Em seguida deve-se comparar duas a duas, o nível de iluminação. Por convenção, a matriz deve ser preenchida comparando-se a característica que aparece na coluna à esquerda em relação à característica que aparece na linha superior. A escala sugerida para indicar a classificação é (por exemplo comparando A com B):

- 1: se A e B forem iguais em importância;
- 3: se A for um pouco mais importante que B;
- 5: se A for muito mais importante que B;
- 7: se A for claramente ou muito fortemente mais importante que B, e
- 9: se A for absolutamente mais importante que B.

Há ainda uma escala de valores intermediários (2, 4, 6, 8) para quando houver a necessidade de se intercalar os valores acima.

Um elemento é igualmente importante quando comparado com ele próprio, isto é, onde a linha A encontra a coluna A, a B a coluna B e assim sucessivamente. Dessa forma, a diagonal principal de uma matriz tem de conter apenas 1. Já nos valores correspondentes à comparação inversa, por exemplo B com A, deve-se colocar o inverso da comparação de A com B.

Assim, a matriz do exemplo ficaria da seguinte forma:

Iluminação	A	B	C
A	1	3	5
B	1/3	1	3
C	1/5	1/3	1

O passo seguinte é somar os valores de cada uma das linhas e obter o total geral dos pontos. Depois, calcula-se a importância relativa de cada elemento comparado (nas linhas), dividindo-se o total da linha pelo total geral.

Iluminação	A	B	C	Total da linha	Importância relativa
A	1	3	5	9,00	0,606
B	1/3	1	3	4,33	0,291
C	1/5	1/3	1	1,53	0,103
Total geral				14,86	1,000

Como resultado, o elemento que apresentar o maior valor - no exemplo, a cadeira A - é considerado o de melhor colocação na hierarquia, neste caso, a cadeira mais iluminada.

A escala proposta pelo método (de 1 a 9) pode variar quanto ao significado da escala mas geralmente acaba fazendo distinção entre 5 atributos básicos: igual (1), fraco (3), forte (5), muito forte (7) e absoluto (9).

Outro exemplo de escala de valores é fornecido por LIPPIATT (1998), que ao comparar os riscos ambientais gerados por diferentes impactos, sugere as seguintes considerações ao atribuir as importâncias:

- 1: quando os 2 impactos geram o mesmo risco;
- 3: quando o impacto gera um efeito pouco maior que o outro (baseado em experiência/ julgamento);
- 5: quando o impacto gera um efeito muito maior que o outro (baseado em experiência/ julgamento);
- 7: quando o impacto gera um efeito extremamente maior que o outro (comprovado na prática);
- 9: quando o impacto gera um efeito em relação ao outro no grau mais alto possível de afirmação;

ASTM (2002), numa prática para aplicar a AH como critério de decisão para a análise de investimentos relacionados à construções e sistemas construtivos, utiliza as definições: (1) atributos de igual importância, (3) moderada importância de um atributo sobre o outro, (5) forte importância de um atributo sobre o outro, (7) importância muito forte de um atributo sobre o outro, (9) extrema importância de um atributo sobre o outro.

As escalas intermediárias são as mesmas também para estes casos.

Um ponto negativo desta ferramenta é que se trata de um processo subjetivo cujo resultado final está condicionado à escala adotada e aos padrões pessoais de quem realiza o julgamento. Este aspecto no entanto pode ser minimizado com o aumento do número de indivíduos a realizarem a análise.

Além disso a Análise Hierárquica possui a vantagem de integrar num único julgamento, variáveis de naturezas distintas (ESCOBAR e JIMÉNEZ, 2000), o que satisfaz perfeitamente as necessidades deste trabalho, ou seja, de hierarquizar as classificações técnicas, ambientais, econômicas e de mercado, de acordo com os interesses e valores das pessoas que estarão aplicando a metodologia.

O método permite ainda que se leve em consideração diferentes níveis de atributos para uma análise. Por exemplo, para o objetivo de selecionar a melhor residência, entre uma série delas, pode-se considerar 2 níveis de atributos (ASTM, 2002): um primeiro compreendendo a funcionalidade, a estética, a localização e o custo; e um segundo nível, que define os atributos importantes para a localização: acesso, vizinhança, proximidade à escolas, qualidade das escolas e segurança do bairro, conforme apresentado na Figura 3.

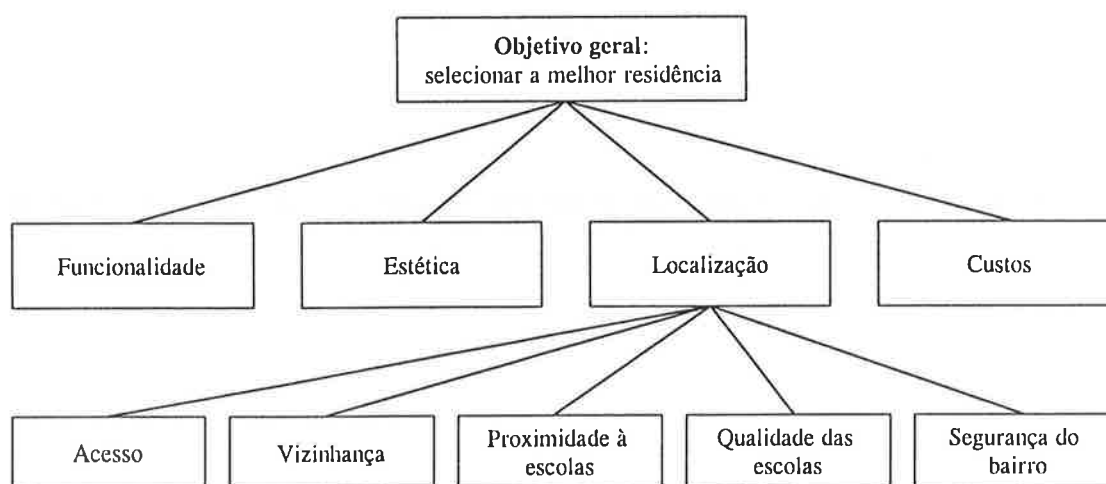


Figura 3 – Exemplo de níveis de atributos a serem considerados numa AH

2.9.3 Análise do Ciclo de Vida (ACV)

Segundo JOHN (2000) e TUKKER e GIELEN (1994), um determinado sistema de reciclagem só é ambientalmente justificado se uma análise, considerando todo o ciclo de vida do processo, demonstrar que a reciclagem é a alternativa de gestão de menor impacto ambiental.

Mas como incluir os impactos ambientais gerados por um produto ou sistema produtivo nas decisões de compra? Se os custos que destes impactos se refletissem nos preços de mercado dos produtos que geram os impactos esta decisão talvez fosse mais simples. No entanto estes impactos nem ao menos são facilmente definidos em termos econômicos. Enquanto estes custos não podem ser definidos, uma alternativa é usar métodos qualitativos ou semi-quantitativos para avaliar a gravidade dos impactos gerados, como por exemplo a Análise do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV (Life Cycle Assessment – LCA) é uma técnica usada para avaliar os aspectos ambientais³⁶ e os impactos potenciais associados a um produto ou sistema, ao longo de sua vida, desde a aquisição de matéria-prima até sua produção, uso e descarte (ISO, 1997).

A metodologia da ACV utiliza a abordagem do *berço ao túmulo* (“*cradle-to-grave*”) para medir os desempenhos ambientais de diferentes tecnologias (produtos, processos ou atividades). O conceito é baseado na convicção de que todos os estágios da vida de um produto geram impactos ambientais e precisam ser analisados, incluindo: a aquisição de matéria-prima, a manufatura, as etapas de transporte, a instalação, operação e manutenção do produto e, finalmente a reciclagem e o gerenciamento dos resíduos gerados (LIPPIATT e NORRIS, 1996).

Uma análise que exclui qualquer destes estágios seria limitada, pois não considera a cadeia completa de impactos existentes antes e depois de um determinado estágio do sistema.

O grande diferencial da ACV é seu enfoque multi-dimensional. Muitos mecanismos

³⁶ Aspecto Ambiental: elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente (ABNT-ISO, 1996b).

de análise de desempenho ambiental e sistemas de classificação são baseados em impactos gerados em um simples estágio da vida do produto (por exemplo, os que levam em consideração apenas a etapa de produção) ou em um simples tipo de impacto (por exemplo, os que avaliam apenas o potencial de liberação de contaminantes pela lixiviação).

Estas avaliações simplificadas podem classificar um produto como “ecológico” ou “verde” ou ambientalmente adequado, apenas porque ele contém um resíduo reciclado, ou o contrário, podem definir um outro produto como ambientalmente agressivo porque ele emite VOCs (compostos orgânicos voláteis) durante sua instalação e uso. No entanto, estas metodologias simplificadas podem fornecer classificações “mascaradas”, falsas porque ignoram o que acontece em outras etapas do ciclo de vida do produto (LIPPIATI, 1998). O produto contendo resíduo, por exemplo, pode em outras etapas não analisadas, gerar um acentuado consumo de energia, consumir materiais cuja extração seja altamente agressiva ao meio ambiente ou envolver grandes distâncias de transportes.

Assim, a ACV permite uma análise criteriosa do desempenho ambiental de um produto ou sistema – identificando seu real comportamento – através de uma visão sistêmica e não apenas de um ou outro estágio da vida do produto.

2.9.3.1 Adequabilidade ao estudo

Segundo a ISO 14.040 (ISO, 1997), a ACV pode ser usada:

- a) para identificar oportunidades de melhorias ambientais de produtos dentro de seus ciclos de vida;
- b) nas tomadas de decisões pelas indústrias, governo e organizações não governamentais, em planejamentos estratégicos e definições de prioridades;
- c) na seleção de indicadores relevantes ao desempenho ambiental de produtos e processos;
- d) como instrumento de “marketing” para mostrar desempenhos ambientais

O item (c) atende às necessidades deste estudo, no que se refere à seleção de

identificadores ambientais nos sistemas de reciclagem de resíduos. No entanto, é importante destacar que não será realizado aqui um estudo de ACV. Serão usados apenas os conceitos e diretrizes do método.

A execução integral de um estudo de ACV seria extremamente complexa neste caso, pois o sistema a ser avaliado neste estudo – sistema de reciclagem – será genérico. Isto causaria um grande problema na confecção do inventário, uma vez que não haveria parâmetros definidos de projeto.

Assim, embora nesta pesquisa não seja realizada uma Análise do Ciclo de Vida, será utilizado o conceito da ACV relacionado à necessidade da abordagem do “berço ao túmulo” ao sistema, bem como o método usado para a identificação dos aspectos e impactos ambientais.

Optou-se por esta técnica por se considerar que ela representa o que há de mais avançado nos processos de avaliação das cargas ou impactos ambientais de um processo ou produto, conforme TSHUDY (1996) e LIPPIATI (1998). Além disso, ela é uma das poucas ferramentas, senão a única, que avalia todo o ciclo de vida do produto, desde seu nascimento até o fim de sua vida.

Apesar de uma ferramenta inovadora, assim como outras metodologias de avaliação de impactos ambientais, a ACV também possui limitações e um significativo caráter subjetivo em parte da metodologia.

A subjetividade presente nos estudos de ACV é um aspecto bastante criticado pela possibilidade de tornar o método pouco preciso, com confiabilidade duvidosa e, principalmente, por tornar os estudos pouco padronizados, o que pode dificultar a comparação ou a utilização de dados de um estudo em outro.

Ainda assim, esta técnica tem buscado sistematizar a caracterização de impactos ambientais de produtos e processos de forma a padronizar e fornecer cada vez mais confiabilidade aos seus resultados.

Para mais detalhes sobre a Análise do Ciclo de Vida, consultar SETAC (1993).

2.9.4 *Análise de Risco*

Por muitos anos as avaliações de risco de saúde e segurança ocupacional foram realizadas, em geral, numa base informal (BSI, 1996). No entanto, o aumento da ocorrência de problemas relacionado aos riscos ocupacionais e às patologias específicas do trabalho, tem criado espaço para o desenvolvimento de técnicas que previnam os danos à saúde do trabalhador – seja por motivos econômicos ou por motivos legais.

A análise de risco é uma destas ferramentas, que permite avaliar os perigos potenciais em atividades e processos em geral, relacionados à saúde e segurança ocupacional dos envolvidos.

Segundo ALEXANDER (1996) análise de risco é um processo analítico que fornece informações com relação a eventos indesejáveis (perigos), à quantificação da probabilidade de ocorrência e às suas conseqüências – considerando a existência de alternativas de gerenciamento. O objetivo é estabelecer níveis de risco para um indivíduo, grupo, sociedade ou o meio ambiente, de forma a se estabelecer ações de gerenciamento apropriadas.

Segundo a OSHAS 18.001 (BSI, 1999), norma internacional que traz especificações para sistemas de gestão de saúde e segurança, perigo é toda situação ou fonte potencial de dano em termos de acidentes pessoais, doença, danos materiais, danos ao meio ambiente de trabalho ou a combinação dos mesmos. Já o risco, a mesma norma define como sendo a combinação da probabilidade e gravidade (conseqüência) de um determinado fator de risco.

Esta definição vem de encontro à conceituação de risco (R) de CERRI (1993) que o considera como o produto da probabilidade (P) de ocorrência do perigo pelas conseqüências (C) sociais e econômicas potenciais: $R = P \times C$.

No entanto, GODINI (2003)³⁷ considera que o fato de um perigo ocorrer não

³⁷ Entrevista realizada com a especialista em saúde e segurança ocupacional Maria Dorotea Queiroz Godini em 05 maio 2003.

significa que os danos serão gerados, sendo portanto necessário avaliar a probabilidade do dano ocorrer e não apenas da ocorrência do perigo. Este aspecto geralmente está relacionado à existência ou não de mecanismos de controle e gerenciamento dos perigos.

Segundo TARALLI e SIMÕES (2001), o seu uso, principalmente nas empresas químicas, petroquímicas e de refinação, tornou-se amplo, e mesmo a administração pública e organizações não governamentais já as reconhecem como instrumentos importantes na gestão efetiva da segurança de processos e do meio ambiente.

De CICCIO e FANTAZZINI (1985) definem a gerência de risco como a ciência, arte e função, que visa a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, seja através da eliminação ou redução de seus riscos, seja pelo financiamento dos riscos remanescentes, conforme economicamente mais viável.

Há várias metodologias de análise de risco, que são geralmente utilizadas no levantamento de riscos de processos industriais e produtivos. Entre elas podem ser citadas: Técnicas de Incidentes Críticos (TIC), Análise Preliminar de Riscos (APR), *What-If/ Checklist* (WIC), Análise de Modos de Falha e Efeito (AMFE), Análise de Operabilidade e Perigos (HAZOP), Análise de Árvore de Eventos (AAE) e Análise de Árvore de Falhas (AAF) (MARTOS, 1999).

Segundo TARALLI e SIMÕES (2001), as mais utilizadas são: APR, WIC, HAZOP, AMFE e a AAF. Todas elas permitem um exame detalhado de um determinado processo e os resultados finais são mais facilmente analisados.

A seguir é apresentada uma breve descrição de cada método, baseados em MARTOS, (1999), TARALLI e SIMÕES (2001) e TOMMASI (1994).

2.9.4.1 Técnicas de Incidentes Críticos (TIC)

Trata-se de uma análise qualitativa, que identifica erros de processo e condições inseguras que possam contribuir para a ocorrência de acidentes com lesões reais e potenciais. A técnica permite o levantamento de áreas com problemas e categorias de riscos nelas existentes, identificadas através do depoimento de um determinado

número de pessoas, que executam serviços ou transitam pelos ambientes avaliados.

2.9.4.2 What – IF /Checklist (WIC)

Essa técnica é um procedimento de revisão de riscos de processos recomendado como primeiro passo no procedimento de análise de risco. O conceito é conduzir um exame sistemático de uma unidade ou processo visando identificar aspectos/ riscos, através de perguntas do tipo: “o que aconteceria se...”.

O WIC desenvolve-se através de reuniões de questionamento entre duas equipes, englobando quesitos sobre procedimentos, instalações e processos. A equipe questionadora já é familiarizada com o processo, sistema ou assunto a ser analisado, sendo ela quem formula as questões antecipadamente, como base para as discussões com o grupo questionado.

A análise pode incluir situações envolvendo edificações, sistemas de operação (inclusive de tratamento de água, efluentes, geração de energia, etc.), áreas de armazenamento, procedimentos operacionais, práticas administrativas, segurança da planta, etc. O resultado gera um relatório de fácil entendimento, podendo servir de material de treinamento.

2.9.4.3 Análise de Modos de Falha e Efeito (AMFE)

É uma técnica de análise detalhada, podendo ser qualitativa e quantitativa, aplicada a riscos associados a falhas de equipamentos e sistemas. Nessa metodologia não é considerada a presença do elemento humano. Portanto, é utilizada para determinação de falhas e análise de confiabilidade de conjuntos, equipamentos e sistemas.

2.9.4.4 Análise de Operabilidade e Perigos (HAZOP)³⁸

É um método sistemático de questionamento mais criativo e aberto, com uma análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas.

Essa metodologia também é aplicada para equipamento e sistemas. O HAZOP é um processo que deve ser desenvolvido por equipes multidisciplinares, de maneira sistemática e rigorosa.

A técnica prevê uma descrição completa do sistema, sistematicamente questionando-se toda e qualquer parte deste, utilizando-se de palavras-guia, que são aplicadas às variáveis identificadas no processo (pressão, fluxo, temperatura, composição, nível, etc.) gerando desvios, que são os perigos a serem observados.

O processo de análise deve ser executado em cada circuito, linha por linha, para cada tipo de desvio possível de ocorrer nos parâmetros de funcionamento.

2.9.4.5 Análise de Árvore de Eventos (AAE)

É um método utilizado para identificar as várias e possíveis conseqüências resultantes de um certo evento inicial. Sua utilização tem como ponto de partida em geral, a falha de um componente ou subsistema, sendo que os eventos subsequentes são determinados pelas características do sistema.

2.9.4.6 Análise de Árvore de Falhas (AAF)

Trata-se de um método qualitativo e quantitativo apropriado para o estudo de fatores que poderiam causar um evento indesejável (falha), encontrando sua melhor aplicação em situações complexas.

O evento indesejado, denominado evento topo, é colocado no nível mais alto na montagem da árvore. A partir desse nível, o sistema é dissecado de cima para baixo, enumerando todas as causas e combinações delas que levam ao evento indesejado. Os eventos do nível inferior recebem o nome de eventos básicos ou primários, pois são eles que dão origem a todos os eventos de nível mais alto.

³⁸ HAZard and OPerability Studies (HAZOP)

2.9.4.7 Análise Preliminar de Riscos (APR)

É uma técnica que teve origem nos Programas de Segurança criados no Departamento de Defesa dos EUA. Trata-se de uma ferramenta qualitativa, que permite uma identificação prévia dos riscos existentes num dado sistema. Ela avalia quais são os pontos de maior risco do sistema e estabelece uma priorização destes. Consiste em uma ótima ferramenta nos casos onde o sistema a ser analisado possui pouca similaridade com quaisquer outros existentes, onde a experiência em riscos no seu uso é carente ou deficiente.

A técnica pode ser aplicada durante as etapas de desenvolvimento, estudo básico, detalhamento, implantação e mesmo nos estudos de revisão de segurança de uma instalação existente. No entanto, ela tem sua importância maior no que se refere à determinação das medidas de controle e prevenção de riscos desde o início operacional do sistema.

A APR é normalmente uma revisão superficial de problemas gerais de segurança. No estágio em que a técnica for desenvolvida podem ainda existir poucos detalhes finais de projeto ou operação. Segundo BROWN e BUCHLER (1998), ela permite identificar e analisar de forma abrangente e significativa os potenciais de riscos que podem estar presentes num processo ainda no estágio de projeto.

O desenvolvimento da APR inicia-se com o entendimento do sistema a ser estudado e com a conseqüente identificação³⁹ dos aspectos mais significativos. A partir desta identificação, procura-se descrever quais as causas prováveis destes eventos e quais suas conseqüências ou impactos. Uma vez identificados os impactos, deve-se classificá-los em função de sua categoria de risco (TARALLI e SIMÕES, 2001).

Essas categorias de riscos dizem respeito à sua dimensão e podem ser definidas de

³⁹ Esta avaliação é feita por um grupo de pessoas, geralmente multidisciplinar, que possui alguma familiaridade com o tipo de processo analisado.

várias formas, geralmente levando em conta o que causou o risco e os efeitos que eles podem gerar.

Capítulo 3

MÉTODO DE TRABALHO

A proposta de desenvolver uma metodologia de análise de sistemas de reciclagem de resíduos, abordando além dos conceitos de engenharia, também aspectos ambientais, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado é inovadora, não tendo sido encontrada em literatura nenhuma metodologia abordando todos estes conceitos simultaneamente.

Neste sentido, o método de trabalho utilizado foi desenvolvido a partir de idéias iniciais do autor e do orientador, de “*brain storms*” com especialistas de diversas áreas (Anexo B) e de consultas bibliográficas sobre o tema, pois não havia modelos a serem adotados. Isto gerou uma forma de trabalho onde os resultados foram obtidos como conseqüências de muitas tentativas e erros.

Um dos estudos que mais exerceu influência nesta fase foi o trabalho de JOHN (2000), que aborda a necessidade de uma metodologia para a reciclagem de resíduos. Várias diretrizes ali apresentadas pelo referido autor foram aqui adotadas. Embora se considere que a idéia abordada por John (uma metodologia de P&D de materiais reciclados) seja necessária e urgente, o método aqui desenvolvido aborda apenas a parte inicial desta idéia, ou seja, a avaliação do potencial de reciclagem do resíduo. A etapa seguinte, ou seja, o processo de P&D do produto reciclado, não foi aqui considerado, em virtude do tempo disponível e da complexidade que envolveria este estudo.

Por outro lado, a metodologia aqui proposta apresenta uma visão bastante inovadora, abrangendo a reciclagem de resíduos em toda e qualquer cadeia produtiva que possa absorver esses materiais, e não apenas em uma indústria em particular (construção civil, cerâmica, do cimento, agrícola, etc.), como costumam ser as pesquisas de reciclagem – inclusive a proposta inicial desta pesquisa.

3.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Todo resíduo recebe algum tipo de gerenciamento, seja ele bom ou ruim. O motivo da adoção de uma determinada técnica pode ser uma prática local comum, uma forma utilizada por outros geradores do mesmo resíduo, ou por razões atreladas à facilidades legais ou econômicas, ou ainda porque pesquisas a identificaram como

uma nova forma de gerenciamento (tratamento, reuso, reciclagem, disposição, etc.).

No entanto, independente da forma adotada, sempre haverá um conjunto de formas alternativas de gerenciamento para o resíduo, que podem ser melhores ou piores que o gerenciamento já adotado – considerando aspectos econômicos, sociais, ambientais e de saúde humana. Entre as formas alternativas há um conjunto particular: o de alternativas de reciclagem. A Figura 4 ilustra este cenário, mostrando que os tipos de impactos e interfaces podem estar presentes nestes 2 conjuntos de alternativas de gerenciamento.

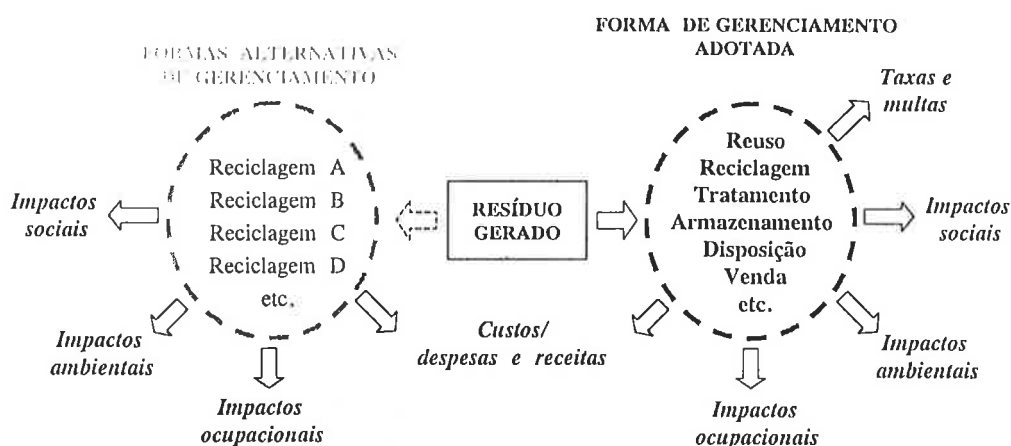


Figura 4 - Formas alternativas de gerenciamento para um resíduo

A aplicabilidade da metodologia aqui proposta se encaixa exatamente neste contexto: permitir que formas alternativas de reciclagem tecnicamente viáveis sejam identificadas (quebrando possíveis paradigmas sobre as possibilidades de gerenciamento) e avaliadas de forma a se criar uma hierarquia de alternativas mais sustentáveis.

Com isso, os estudos de viabilidade financeira das alternativas de reciclagem (comparadas à forma de gerenciamento já adotada) e os estudos de P&D dos possíveis produtos reciclados podem ser direcionados apenas às alternativas mais sustentáveis, reduzindo assim, os investimentos necessários.

3.2 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA

Para atingir o objetivo estabelecido de se criar uma metodologia para identificar a “vocação” de um resíduo para a reciclagem, ou seja, identificar alternativas sustentáveis para seu uso, foram estabelecidos 3 princípios que traduzem a essência deste trabalho.

PRINCÍPIO 1 – ANÁLISE CIENTÍFICA

A seleção de aplicações para um determinado resíduo deve estar condicionada às suas características e propriedades físico-químicas, e não a aplicações previamente escolhidas.

PRINCÍPIO 2 – SUSTENTABILIDADE

Além de viável tecnicamente a aplicação deve ser sustentável, considerando aspectos econômicos e de mercado, e os possíveis riscos ao meio ambiente e ao ser humano.

PRINCÍPIO 3 – ENFOQUE NO CICLO DE VIDA

A análise da sustentabilidade da aplicação deve considerar todos os estágios do ciclo de vida do produto reciclado para que os estudos sejam consistentes e confiáveis.

Com isso, pretende-se abandonar a forma tradicional de pensamento, que escolhe uma aplicação para o resíduo, sem embasamento científico, e depois utiliza energia e/ou matérias-primas para transformá-lo no produto previamente escolhido, sem considerar os custos e as conseqüências ambientais e à saúde humana.

Esta abordagem tradicional acaba gerando soluções não eficazes, com sistemas de reciclagem insustentáveis e produtos com poucas vantagens competitivas, principalmente pelos elevados custos gerados devido à energia e aos recursos consumidos.

Além disso, muitas formas de reciclagem acabam utilizando resíduos perigosos sem a devida avaliação dos riscos envolvidos. Embora poucos, o número de problemas que vieram à tona até agora são limitados – cal com dioxina da Solvay (FOLHA, 1999); resíduo de minério com arsênio (ALBANO, 2001) – outros resíduos ainda

podem gerar problemas, como o uso de material orgânico da estação de Triagem da Vila Leopoldina (que atualmente não passa pelo processo de compostagem), que vêm sendo utilizado no cinturão verde da capital paulista, em cultivos de frutas e verduras (CULTURA, 2001).

3.2.1 Atendimento ao Princípio 1

A Figura 5 apresenta o modelo adotado para a análise técnica, atendendo ao Princípio 1.

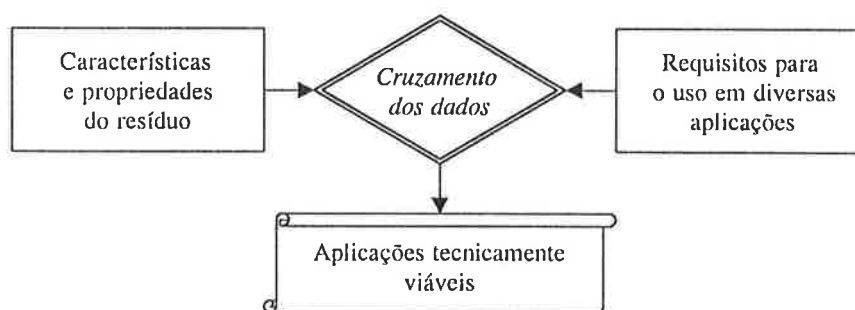


Figura 5 – Modelo para determinar possibilidades técnicas de uso para os resíduos

Este modelo apresenta 3 fases principais:

Caracterização do resíduo, identificando suas características e propriedades físico-químicas, com atenção para a presença de contaminantes;

Identificação dos requisitos para que o resíduo possa ser usado em cada uma das áreas que possam absorver resíduos reciclados;

Cruzamento de dados, onde comparando as características e propriedades do resíduo, com os requisitos de cada aplicação potencial, são identificadas as possibilidades técnicas de utilização do resíduo.

3.2.2 Atendimento ao Princípio 2

A Figura 6 apresenta o modelo adotado para a análise da sustentabilidade, atendendo

ao Princípio 2.

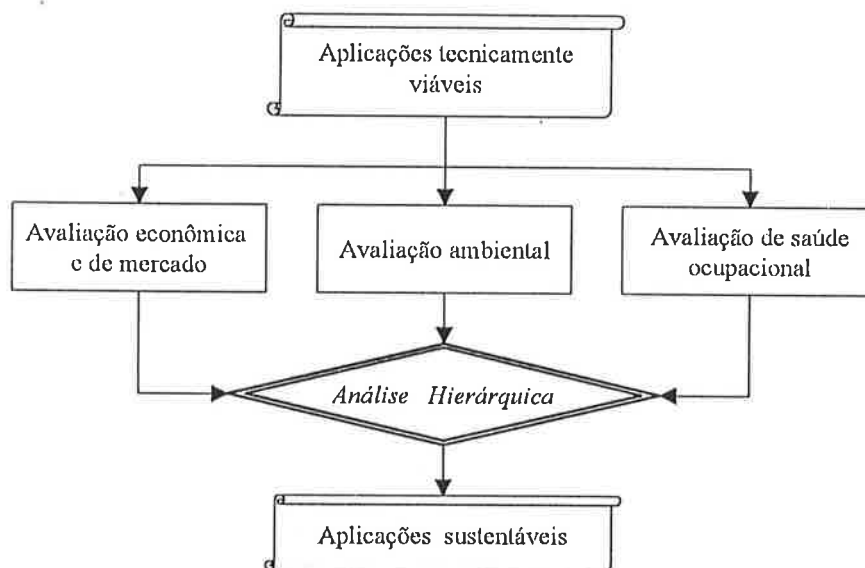


Figura 6 – Modelo para avaliar a sustentabilidade das aplicações

Este modelo também apresenta 3 fases principais:

- 1) **Levantamento de informações** sobre os sistemas de reciclagem das aplicações consideradas tecnicamente viáveis;
- 2) **Avaliação da sustentabilidade** das aplicações tecnicamente viáveis, considerando aspectos econômicos, de mercado, ambientais e de saúde ocupacional;
- 3) **Criação de uma hierarquia** definindo as aplicações mais sustentáveis de acordo com os padrões sócio-econômicos do momento.

Essas 6 fases principais dos 2 modelos adotados formaram a base para a criação da metodologia desenvolvida. Nesse desenvolvimento, foram adotadas algumas diretrizes utilizadas como condições de contorno, conforme apresentadas abaixo.

3.2.3 Atendimento ao Princípio 3

Para o atendimento ao Princípio 3 a metodologia utilizou a abordagem da Análise do Ciclo de Vida – ACV (Life Cycle Assessment – LCA) para a avaliação da

sustentabilidade dos sistemas de reciclagem. Assim, são considerados os diversos “impactos” ambientais, de saúde pública, econômicos e de mercado, sobre todos os estágios do ciclo-de-vida do produto reciclado.

Esta abordagem é necessária porque a seleção de sistemas de reciclagem baseando-se apenas em alguns impactos ou em determinados estágios do ciclo-de-vida poderia deixar de fora outros impactos que, juntos ou mesmo isoladamente, podem causar danos iguais ou até maiores.

3.3 DIRETRIZES DA METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta metodologia foram estabelecidas diretrizes que serviram de guia para a sua confecção e também estabeleceram condições de contorno para os processos de avaliação utilizados. O objetivo foi procurar desenvolver uma ferramenta que realmente seja útil e desperte interesse para sua constante utilização e aperfeiçoamento. As diretrizes estabelecidas foram:

Custos baixos:

- Utilizar métodos de aplicação rápida de forma a minimizar custos de aplicação;
- Usar métodos, ferramentas e ensaios expeditos para fornecer agilidade à metodologia;
- Utilizar sistemas de análise que gerem baixos custos para sua aplicação, de forma a não inibir seu uso;

Simplicidade:

- Utilizar métodos de simples aplicação de modo que a metodologia seja facilmente utilizada e reproduzida;
- Não usar métodos e ferramentas excessivamente detalhados que desencorajem a utilização da metodologia;
- Permitir flexibilidade à metodologia de forma que esta se adapte aos diferentes resíduos e sistemas de reciclagem;

Confiabilidade:

- Considerar nas avaliações critérios técnicos (de engenharia), ambientais, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado;
- Utilizar métodos analíticos baseados em critérios científicos;
- Utilizar ferramentas de avaliação e de tomada de decisão reconhecidas e consagradas – científicos, tecnológicos ou industriais;
- Promover a participação de especialistas de diversas áreas nas avaliações de resultados e nas tomadas de decisões.

3.4 HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

O ponto de partida para o desenvolvimento da metodologia foi a Figura 5 (princípio 1), que estabelecia duas necessidades:

- a) identificar as características e propriedades do resíduo, com especial atenção à presença de substâncias perigosas (contaminantes);
- b) identificar os critérios técnicos de desempenho necessários para cada aplicação do resíduo.

Para o item (a), a idéia de uma inicial caracterização físico-química dos resíduos e outros ensaios identificados como necessários no decorrer da aplicação da metodologia prevaleceu desde o início do estudo, e comprovou-se uma boa alternativa.

No entanto, para a necessidade do item (b) as alternativas adotadas por este estudo passaram por grandes mudanças e aprimoramentos, conforme exposto a seguir.

A idéia inicial era criar uma metodologia que avaliasse a reciclagem de resíduos com aplicação apenas na indústria da construção civil. Para isso seriam elencados os principais requisitos de desempenho dos materiais de construção. Neste momento surgiu a primeira dificuldade do trabalho: definir quais seriam estes requisitos de desempenho.

Inicialmente, definiu-se que a pesquisa trabalharia apenas com alguns dos materiais

de construção mais importantes: aglomerantes, agregados, adições minerais, isolantes, aditivos e impermeabilizantes. Porém, o levantamento dos requisitos de desempenho mesmo para este número limitado de materiais mostrou-se bastante difícil através de pesquisa bibliográfica – considerando inclusive os autores mais conceituados – pois geralmente apenas alguns requisitos são abordados. Utilizou-se então entrevistas com especialistas com o objetivo de avaliar possíveis pendências do levantamento bibliográfico.

No entanto, o método ainda foi precário pois as entrevistas com especialistas mostraram que nem sempre havia consenso sobre a definição destes requisitos. A capacidade de absorção dos agregados foi um exemplo desta divergência, geralmente resultante dos diferentes pontos de vista sobre o conceito de requisitos de desempenho.

Uma outra dificuldade no estabelecimento destes requisitos foi que muitos deles – obtidos em bibliografias e nas entrevistas – eram baseados em limites de normas criados para materiais convencionais, o que limitava demasiadamente o uso dos resíduos, conforme observam WOOLLEY (1994) e JOHN (1996). Além disso, o não cumprimento de requisitos legais não implica necessariamente em um desempenho ruim do resíduo. Um exemplo prático desta afirmação ocorreu na construção da hidrelétrica de Segredo (Rio Iguaçu, Paraná), onde os agregados usados chegavam a apresentar até 30% de material pulverulento (a norma especifica um valor máximo de 7%) e, no entanto, o concreto produzido apresentou excelente qualidade e até mesmo economia na obra (PAULON, 2000).

Naquele momento, teve início uma busca por uma alternativa para o modelo até então adotado para a definição das características de desempenho para os materiais de construção. A solução acabou vindo de outra limitação da proposta inicial da metodologia: a restrição da análise dos requisitos aos materiais de construção civil.

A partir de análises críticas sobre a aplicabilidade da metodologia e as necessidades do mercado de gerenciamento de resíduos, surgiu então a idéia de utilizar os próprios especialistas para decidirem quais os requisitos necessários para cada aplicação. Isso permitiria que análises mais precisas pudessem ser feitas para cada caso – indicando

inclusive aplicações alternativas não sugeridas por bibliografias e modelos normativos – além de ampliar a aplicabilidade da metodologia para todos os tipos de resíduos e não apenas para alguns materiais de construção.

3.5 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

A partir da decisão de que a análise dos requisitos seria feita com o auxílio dos próprios especialistas, a metodologia foi reestruturada conforme apresentado a seguir.

A partir das 6 fases mapeadas pelas Figura 5 e pela Figura 6, definiu-se para esta metodologia a estrutura apresentada na Figura 7, composta por 5 etapas: (1) coleta de dados, (2) consulta a especialistas, (3) avaliação dos sistemas de reciclagem, (4) classificação das alternativas mais sustentáveis e (5) confirmação da possibilidade de uso.

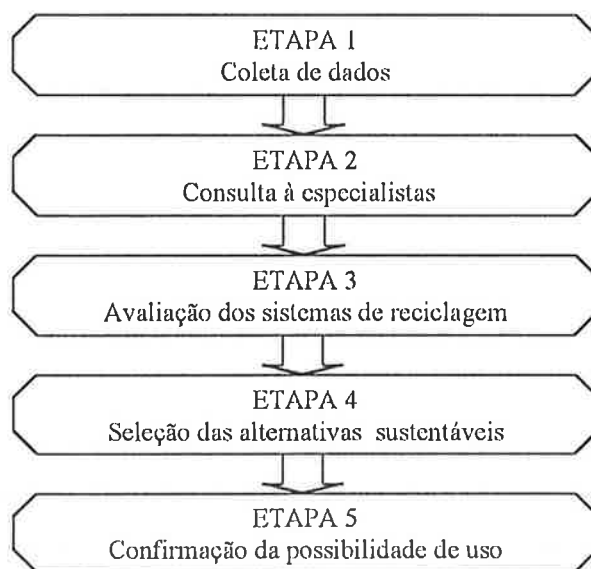


Figura 7 – Etapas da Metodologia

3.5.1 Etapa 1 – Coleta de dados

Esta primeira etapa foi definida para a criação de um dossiê do resíduo, ou seja, um conjunto de documentos com informações sobre os processos de geração,

gerenciamento, composição e as formas de gerenciamento utilizadas para o resíduo. Tais informações são utilizadas nas etapas seguintes da metodologia e portanto exerce, influência direta sobre os resultados finais da avaliação.

Conforme apresentado na Figura 8 esta etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Estudo do conhecimento;
- Análise da geração e gestão do resíduo;
- Procedimentos de coleta;
- Caracterização do resíduo.

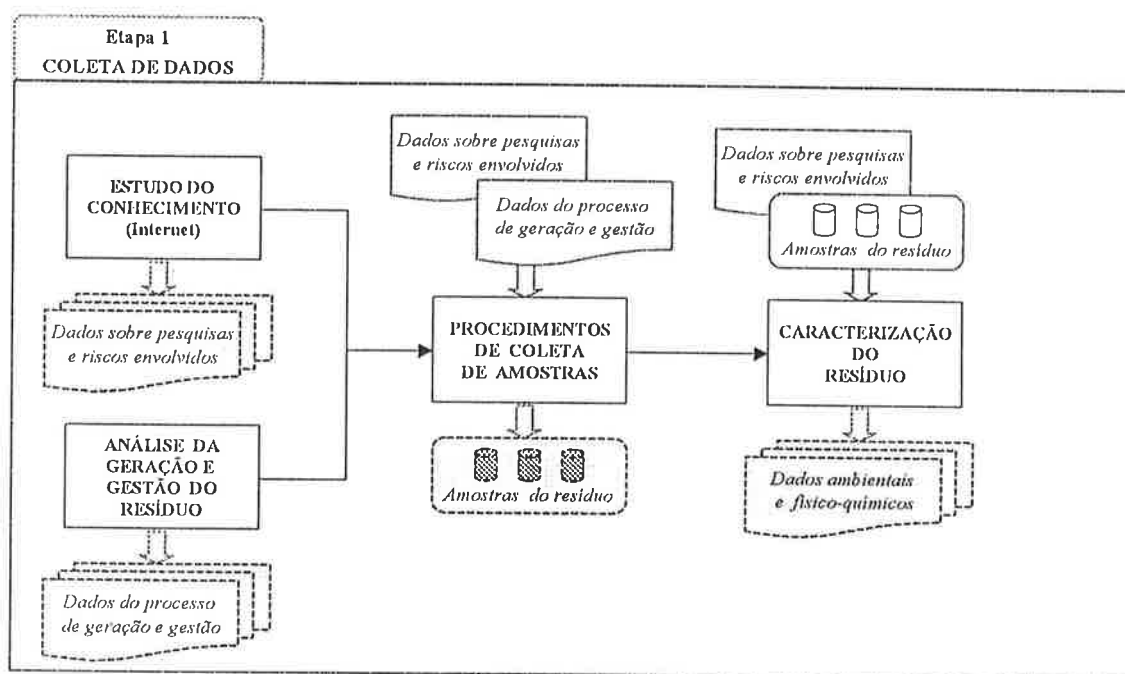


Figura 8 – Etapa 1 – Coleta de dados

3.5.1.1 Estudo do conhecimento

Esta atividade prevê a realização de um estudo expedito sobre o conhecimento atual do resíduo e seu potencial reciclagem. Isto pode ser feito, por exemplo, através do acesso à rede mundial de computadores (Internet) através de sites de busca (www.probe.br, <http://www.scielo.br>, www.sciencedirect.com, www.altavista.com, www.yahoo.com, <http://www.google.com.br>, etc.), de "mails group" com especialistas sobre o tema, ou ainda através de bases de dados sobre reciclagem,

como o Projeto Reciclar para Construir (<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>).

O objetivo é levantar informações prévias (antes de iniciar a análise do resíduo) que permitam indicar vantagens (casos de sucesso de reciclagem do material, possíveis vantagens competitivas, etc.) e desvantagens (casos de riscos ao ser humano, impactos ambientais, problemas técnicos do material, etc.) da reciclagem do resíduo, além das tecnologias de gerenciamento em uso (disposição, armazenamento, tratamento e reciclagem do resíduo).

Isto é importante pois permite que o procedimento de coleta do resíduo e os ensaios de caracterização sejam direcionados para avaliar com mais detalhes essas vantagens e desvantagens. Além disso, fornece embasamento teórico para o início da avaliação, o que muitas vezes pode ser problemático quando se trata de um resíduo pouco conhecido.

Um exemplo da funcionalidade e importância desta consulta rápida na WEB foi constatada por JOHN (2002⁴⁰), quando ao conceder uma entrevista para um gerador de um resíduo da produção de ouro a partir de minério, ele identificou – enquanto concedia a entrevista – que o material era contaminado por cianeto (EPA, 1994), ao contrário do que o gerador havia informado, de que se tratava de um material sem nenhum tipo de contaminação.

Caso esta análise tivesse sido efetuada no caso do resíduo de manganês reciclado como material de pavimentação em Santana, no Amapá (ver capítulo Introdução e Justificativa), o arsênio que contaminava o resíduo poderia ter sido identificado e os danos, evitados.

3.5.1.2 Análise da geração e gestão do resíduo

Esta atividade prevê o levantamento de informações sobre os processos de geração e gestão do resíduo, tais como: o tipo de indústria e o(s) processo(s) de geração, a

⁴⁰ JOHN, V. Riscos envolvendo o resíduo da extração de ouro. EPUSP. 12 de dez 2002. Informação fornecida durante conversa informal. São Paulo, 2002.

quantidade gerada, a sazonalidade na geração, as formas e custos do gerenciamento do resíduo e os pontos críticos no processo de geração e/ou gerenciamento (presença de contaminantes).

Tais informações podem ser levantadas tanto em entrevistas com o gerador ou o interessado na reciclagem, como através de visitas ao local de geração e gerenciamento do resíduo. Estas últimas são mais importantes pois permitem identificar pontos desconhecidos ou “maquiados” na primeira opção.

O objetivo deste levantamento é mapear o processo de geração e gestão do resíduo, para identificar possíveis pontos críticos ou causas de problemas que possam surgir com o material reciclado, além de direcionar o procedimento de coleta do material. Estes dados permitem fornecer subsídios para a avaliação econômica e de mercado dos processos de reciclagem (dados sobre quantidade de geração, sazonalidade, custos de gerenciamento) e também para uma análise crítica sobre os resultados da caracterização do resíduo (dados sobre a presença de contaminantes no processo de geração e gestão, variabilidade da geração).

A variabilidade da composição do resíduo é crítica para os estudos de reciclagem pois se ao torna-se matéria-prima, a variabilidade do resíduo passa a ser indesejável uma vez que afeta a qualidade dos processos industriais. Para alguns resíduos, como o resíduo de construção e demolição, isso pode ser crítico, conforme observa ZORDAN (1997), que utilizando um processo de coleta semanal para a central de processamento de entulho de Ribeirão Preto, SP, observou variações de mais 70% em alguns componentes do resíduo, de uma coleta para outra. Há ainda casos mais extremos como a escória de aciaria, conforme observa MACHADO (2000), que apresenta dados fornecidos pela USIBA, em Salvador, BA, onde a presença de MnO pode praticamente quintuplicar e a de FeO pode se tornar 30 vezes maior, considerando os valores mínimos e máximo num mesmo dia de produção.

3.5.1.3 Procedimentos de coleta

A coleta do resíduo é uma atividade fundamental para os estudos de avaliação do potencial de reciclagem. Pesquisas baseadas em resíduos produzidos em laboratórios

(MIRANDA e SELMO, 2001; LEVY e HELENE, 2001; SILVA et al, 1996) embora sejam importantes para investigações preliminares sobre o desempenho do resíduo no tipo de reciclagem estudado, não avaliam o comportamento do resíduo gerado em sua fonte real, o que pode ser crítico para sistemas de reciclagem, tanto no aspecto técnico quanto em relação a critérios ambientais e ocupacionais. Isto ocorre em razão da heterogeneidade comum nos resíduos e da freqüente presença de contaminantes, muitas vezes desconhecidos antes de sua caracterização.

Assim, esta atividade prevê a coleta do resíduo no local gerador, que deve ser realizada de forma a se obter uma amostragem representativa, com atenção especial à sua composição média e variabilidade. Do ponto de vista estatístico, é importante garantir também que as amostras sejam aleatórias.

Assim, a definição das técnicas e procedimentos de coleta devem ser definidos em função do tipo de resíduo a ser analisado e de suas características de geração. Para isso, as informações levantadas nas duas atividades anteriores desta etapa podem ser muito úteis e a participação de especialistas na coleta do resíduo analisado é fundamental.

A NBR 10.007 (ABNT, 1987) orienta para condições de amostragem de resíduo em função do seu estado físico e de sua forma de estocagem. No entanto, como no caso deste estudo o objetivo é caracterizar o resíduo para a reciclagem, amostragens mais complexas podem ser necessárias. Segundo JOHN (2000), a variabilidade da composição dos resíduos nestes casos torna-se até mais importante, pois ela afeta a qualidade do resíduo como matéria-prima.

3.5.1.4 Caracterização do resíduo

Esta atividade prevê a caracterização do resíduo, ou seja, sua “identificação” de forma a fornecer subsídios para a análise de seu potencial de reciclagem (conforme “Princípio 1” estabelecido). Na caracterização estão previstas a análise físico-química e microestrutural do material, bem como a sua caracterização ambiental.

Nesta etapa é aconselhável a participação de especialistas para auxiliar na definição dos métodos mais adequados. Por exemplo, para os ensaios químicos, a participação

de um profissional da área de química analítica.

A análise físico-química tem o objetivo de determinar a composição química do resíduo e suas características físicas que indicarão seu potencial de reciclagem.

Já a análise ambiental permite indicar os riscos de contaminação ambiental e/ou de saúde ocupacional envolvidos no uso do resíduo. Uma avaliação deste tipo previne problemas gerados por resíduos contaminados como os já citados casos da cal com dioxina (FOLHA, 1999) e do resíduo com arsênio (ALBANO, 2001).

A análise microestrutural permite revelar a presença de possíveis compostos nocivos nos resíduos não necessariamente detectados numa análise química, que geralmente fornece os resultados em porcentagens em óxido. Um exemplo, segundo JOHN (2000), é o caso das escórias de aciarias, onde uma fração do óxido de cálcio detectado na análise química se encontra em uma das formas alotrópicas do C_2S (abreviação da indústria do cimento para o silicato dicálcico) que são espécies potencialmente expansivas. Este fato passaria despercebido sem o uso de uma análise da microestrutura do material, por exemplo através de uma Difractometria de Raio-X.

É importante considerar que nenhuma técnica de caracterização é completa. Cada uma é eficaz para determinar as características a que se propõe. Desta forma, os métodos e ensaios a serem utilizados devem ser definidos com base no tipo de resíduo avaliado e no objetivo das investigações a serem feitas, contando-se sempre com o apoio de especialistas em análises físico-químicas de materiais para uma correta definição do ensaio/ método mais apropriado.

Análise física

Na análise física, os parâmetros a serem determinados variam de acordo com a natureza do material (sólidos, líquidos, pastosos). Para resíduos sólidos, como a escória de alto forno e os resíduos de C&D, características como a forma (granular, fibrosa, pó, etc.), o tamanho das partículas/ fibras e sua massa específica, são fundamentais.

Os ensaios de granulometria neste caso devem ser apropriados ao tamanho das

partículas. Para materiais granulares, podem ser usados ensaios convencionais de caracterização de solos ou materiais minerais. Já para materiais muito finos, com partículas inferiores a 0,075mm (#200), como as cinzas de casca de arroz, recomenda-se o uso de técnicas mais precisas, como a granulometria à laser².

Para os resíduos pastosos, como o lodo de esgoto, o teor de sólidos (ou de umidade) é uma informação importante, pois pode indicar a quantidade de material efetivamente reciclável no resíduo. Já para os resíduos líquidos como óleos e emulsões, características como a viscosidade e a quantidade de sólidos presentes são informações importantes para caracterizar o material.

Análise química

Na análise química é importante que sejam determinados os tipos e as quantidades de espécies químicas presentes no resíduo. A definição do ensaio mais apropriado para esta análise também depende do tipo de resíduo estudado.

A Fluorescência de Raios-X é uma técnica tradicional que fornece uma boa noção inicial da composição química do material em função da porcentagem de óxidos presentes (identifica cerca de 30 espécies químicas - UNESP, 2002). Pode ser utilizada para resíduos minerais como resíduo de C&D, pó de mineração e escórias.

Para análises mais detalhadas ou de resíduos orgânicos como bagaço de cana, resíduos de borracha e fibras vegetais, podem ser usadas outras técnicas como a Espectrometria de Massas (identificação de compostos orgânicos puros ou misturas).

A perda ao fogo também é um parâmetro importante na caracterização química do resíduo, pois indica a quantidade de voláteis e materiais orgânicos presentes.

Para resíduos orgânicos pode-se ainda usar a Espectrometria no Infra-Vermelho, que segundo IQ (2000), determina as funções químicas presentes em amostras puras ou

² Granulômetro de difração a laser (granulometria a laser): analisa alguns gramas do material (através de um sistema óptico e de difração de energia) e fornece o diâmetro médio das partículas depois de efetuar cerca de 20.000 medições (KAHN, 2000).

misturas, como resíduos contendo álcoois, ácidos carboxílicos, etc..

Análise de fases cristalinas

Esta análise avalia a composição mineralógica do resíduo, ou seja, as suas fases cristalinas.

Neste ensaio pode ser utilizada a Difractometria de Raios-X, que segundo KAHN (2000) é uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de compostos cristalinos, sejam eles orgânicos ou inorgânicos.

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é outra alternativa para a caracterização microestrutural dos materiais, sendo uma das técnicas mais versáteis hoje disponíveis.

Análise térmica

Com o uso das análises térmicas pode-se obter informações a respeito das propriedades físicas e químicas dos materiais (perda de massa, entalpia, variação de dimensões e de propriedades físicas, etc.) em função da temperatura, quando estes são submetidos a aquecimento em velocidades programadas ou mesmo a ciclos térmicos.

Dependendo das propriedades a serem medidas, há uma série de técnicas de análise térmica que podem ser usadas (WENDLANDT, 1986).

A Termogravimetria (TG), por exemplo, pode ser utilizada para medir variações de massa de uma amostra durante o aquecimento (ou resfriamento) ou quando mantida a uma temperatura específica.

As variações de massa podem ser causadas por diferentes quesitos, como por exemplo: evaporação, sublimação, decomposição, oxidação, redução, absorção e liberação de gases. Pode ser usada, por exemplo, para identificar a liberação de compostos químicos indesejáveis pelo resíduo, quando submetido a ciclos térmicos – o que pode ser uma informação valiosa dependendo dos processos envolvidos na reciclagem.

A Análise Termo-Diferencial (DTA), que consiste no registro da diferença de temperatura entre uma amostra e uma material de referência, à medida em que ambos são submetidos a um mesmo ciclo térmico, é a mais utilizada das técnicas de análise térmica e pode ser usada, por exemplo, para identificar o tipo de reação química (endo ou exotérmica) que ocorrem no resíduo durante um ciclo térmico.

Os gases que são gerados durante uma análise térmica podem ser coletados e analisados. Tanto o método de coleta de gases quanto o de sua análise podem variar, dependendo das informações prévias que se tenha a respeito. Métodos de análise tais como cromatografia (em fase líquida ou gasosa) e espectrometria de massa são os mais comumente empregados.

Análise Ambiental

Na análise ambiental é importante que seja identificada a presença de contaminantes ou elementos perigosos no resíduo, e também a sua capacidade de liberar tais produtos através do processo da lixiviação.

A classificação do resíduo de acordo com a norma brasileira NBR10.004 (ABNT, 1987) é uma das formas de identificar a presença destes elementos perigosos e o potencial de lixiviação no resíduo, podendo ser utilizada para o objetivo desta metodologia.

Recomenda-se que durante a etapa de P&D da reciclagem do resíduo seja realizada uma análise mais detalhada do potencial do resíduo liberar contaminantes através da lixiviação. O Anexo C apresenta uma discussão sobre o assunto, apresentado cenários e tipos de ensaios considerados importantes para esta análise.

No entanto, é importante que se atente ao fato de que um determinado tipo de resíduo já classificado não indica que todos os resíduos do mesmo tipo, de diferentes geradores, terão necessariamente a mesma classificação, pois os processos que o geraram podem apresentar diferenças.

Segundo OLIVEIRA (2002) por exemplo, os resíduos de construção e demolição (C&D) gerados nas cidades de Taubaté e Guaratinguetá, são considerados resíduos não inertes (classe II) de acordo com a classificação da NBR10.004. Por outro lado, é

comum ocorrer generalizações de especialistas em reciclagem, de geradores de resíduos e até de técnicos de órgãos ambientais, de que se trata de um resíduo Classe III.

Desta forma, aconselha-se que para cada resíduo analisado seja feita uma análise ambiental, independente de ser um tipo de resíduo já classificado.

Outras análises

Outras características físico-químicas mais específicas podem ser necessárias para avaliar a aplicabilidade do resíduo em cada processo de reciclagem estudado, por exemplo, o ponto de fusão de uma escória ou o poder calorífico de um resíduo orgânico. Neste caso, a metodologia prevê um momento onde os especialistas podem indicar tal necessidade, quando então, técnicas específicas são utilizadas para a análise necessária.

3.5.1.5 Geração do Dossiê do resíduo

Todas as informações levantadas nesta etapa são reunidas num “Dossiê do Resíduo”. Sempre que informações geradas forem anexas ao dossiê, a metodologia indica o símbolo mostrado na para facilitar o controle destes dados.



Figura 9 – Simbologia utilizada para indicar o “Dossiê do resíduo”

3.5.2 Etapa 2 – Consulta a especialistas

Nesta etapa são realizadas consultas a especialistas de diferentes setores produtivos, para verificar qual a possibilidade do resíduo ser usado em sua respectiva área, substituindo matérias-primas convencionais. O resultado desta etapa é uma lista com usos potenciais para o resíduo em diversas áreas de aplicações.

Conforme apresentado na Figura 10 esta etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Verificação do interesse pelo resíduo
- Definição das razões do interesse
- Definição de ensaios a serem realizados
- Especificação dos sistemas de reciclagem

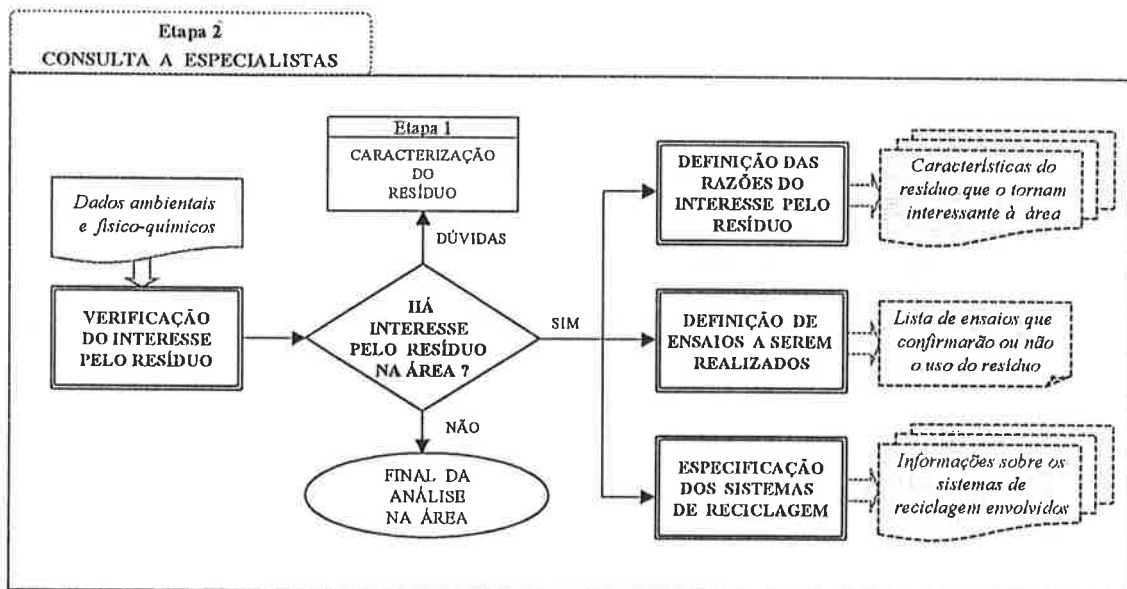


Figura 10 – Etapa 2 – Consulta à especialistas

3.5.2.1 Verificação do interesse pelo resíduo

Esta atividade consiste na consulta a especialistas, sobre a possibilidade técnica de o resíduo ser usado em sua área de especialidade, como material reciclado, substituindo matérias-primas convencionais.

Tal análise deve obedecer ao Princípio 1 desta metodologia, ou seja, basear-se nos requisitos tecnológicos considerados essenciais pelo especialista e nas características físico-químicas-ambientais do resíduo. Como garantia de que isso ocorra, os resultados da caracterização são fornecidos aos especialistas sem a identificação do nome, origem e do tipo de indústria que o gerou.

Esta consulta pode ser realizada a especialistas de diversas áreas através de entrevistas pessoais, e-mail ou ainda por meio de grupos de discussão como o “Fórum Paulista de Ciência e Tecnologia em Reciclagem em Resíduos” que reúne os

especialistas em reciclagem de resíduos de algumas Universidades do estado de São Paulo, como USP, Unicamp, Unesp, UFSCar e UNIFESP.

O objetivo da participação de especialistas nesta análise é permitir que sejam avaliadas diferentes possibilidades de uso (reciclagem) para o resíduo, além daquelas já tradicionalmente conhecidas, ou seja, pretende-se que sejam quebrados paradigmas sobre o emprego destes materiais, de forma que suas características e propriedades físico-químicas e ambientais, indiquem possibilidades de uso antes não cogitadas.

Embora o retrospecto dos estudos de reciclagem não indique nenhum resultado nesta linha de pensamento, parece lógico que aumentando o espectro de possibilidades, novas alternativas de reciclagem possam surgir - esta é exatamente a tese deste trabalho.

Usando este critério, quanto maior o número de áreas (e especialistas) consultadas, maior a probabilidade de se encontrar novos mercados viáveis para a reciclagem de resíduos. A seguir são apresentados exemplos de áreas onde a consulta pode ser realizada:

- **Construção:** agregados, aglomerantes, adições;
- **Pavimentação:** agregados, estabilização de solos, materiais para drenagem;
- **Saneamento:** material para aterramento, filtros de tratamentos biológicos, drenagem, cobertura para aterros sanitários;
- **Indústria cimenteira:** matéria-prima para o cimento, combustível para os fornos;
- **Indústrias químicas:** aglomerantes minerais e orgânicos, impermeabilizantes, isolantes térmicos e acústicos;
- **Metalúrgicas:** combustível, matéria-prima, material de moldagem/ fundição;
- **Indústria de plásticos:** resinas, painéis, artefatos plásticos;
- **Indústrias de compósitos:** agregados, aglomerantes, adições;
- **Agricultura:** correção de solos, adubos, fertilizantes, ração animal;

3.5.2.2 Definição das razões do interesse

Esta atividade será realizada simultaneamente à anterior, ou seja, ao mesmo tempo em que o especialista identifica o potencial de reciclagem do resíduo, ele define os motivos (requisitos técnicos) pelos quais o resíduo foi considerado como reciclável em sua área de especialidade.

As características e propriedades físico-químicas do resíduo (granulometria, presença de determinadas espécies químicas, massa específica, etc.) que o tornam potencialmente apropriados a área devem ser indicados.

O objetivo é permitir que estes “motivos da seleção do resíduo” – depois de sucessivas aplicações da metodologia – criem uma “Lista de Requisitos” relacionados a cada potencial aplicação. Com o uso constante desta metodologia, tal lista se amplia e pode ser usada como a base de dados de um Sistema Especialista (S.E.) que poderia ser criado para gerenciar estas consultas. Uma outra forma de montar essa base de requisitos é através de uma detalhada revisão bibliográfica, tornando porém o processo mais lento.

Assim, um S.E. automaticamente poderia fazer uma análise prévia de possíveis áreas onde o resíduo tem potencial de ser usado, evitando assim a repetição das avaliações pelos especialistas para casos similares, e tornando a metodologia mais dinâmica.

3.5.2.3 Definição de ensaios a serem realizados

Nesta atividade os especialistas indicam os “ensaios extras” ou os parâmetros do resíduo (resistências mecânicas, absorção, poder calorífico, ponto de fusão, viscosidade, etc.) que ainda devem ser determinados para comprovar seu potencial de reciclagem.

Estes ensaios complementares além de confirmarem o potencial técnico de reciclagem do resíduo na área analisada permitem que a “Lista de Requisitos” do resíduo – para a aplicação respectiva – seja completada com os novos parâmetros a serem avaliados.

3.5.2.4 Especificação dos sistemas de reciclagem

Esta atividade prevê que os especialistas especifiquem os sistemas de reciclagem que serão utilizados – sejam eles novos ou já existentes – caso se comprove a possibilidade de uso do resíduo na área.

O objetivo é levantar informações sobre o consumo de materiais e recursos naturais (água, energia e matérias-primas) e sobre a geração de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) de cada um dos processos envolvidos no sistema de reciclagem.

É aconselhável que tal atividade seja conduzida através de uma entrevista pessoal com o especialista, onde o sistema de reciclagem deve ser mapeado, identificando-se os principais processos envolvidos. Maiores detalhes desta análise são apresentados no item 3.6 - ESTRUTURA PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE.

3.5.3 Etapa 3 – Avaliação dos sistemas de reciclagem

Nesta etapa os sistemas de reciclagem envolvidos com as aplicações potenciais são avaliados qualitativamente quanto à sua sustentabilidade, considerando as informações de consumo de materiais e geração de resíduos, fornecidas pelos especialistas.

Conforme apresentado na Figura 11 esta etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Avaliação ambiental dos sistemas
- Avaliação de saúde ocupacional dos sistemas
- Avaliação econômica de mercado dos sistemas

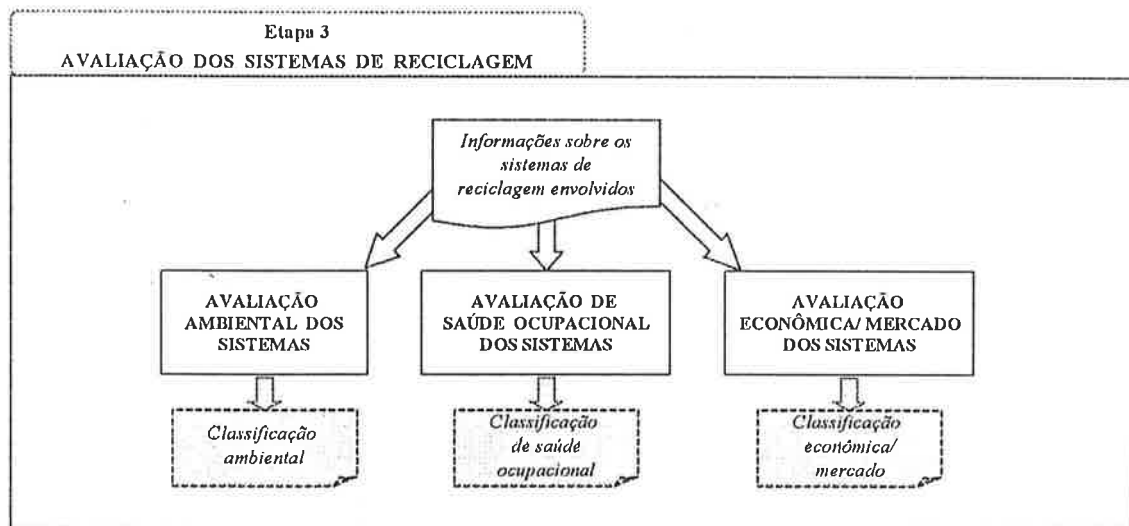


Figura 11 – Etapa 3 – Avaliação dos sistemas de reciclagem

3.5.3.1 Avaliação ambiental dos sistemas

Esta atividade prevê a análise dos impactos ambientais gerados pelos sistemas de reciclagem e pelos produtos (resíduo reciclado) ao longo dos seus ciclos-de-vida, considerando o conceito do “berço ao túmulo” (“*cradle-to-grave*”).

O objetivo é mensurar as cargas ambientais geradas por cada um dos sistemas de reciclagem e seus produtos, de forma a criar um “ranking” daqueles menos agressivos ao meio ambiente, ou seja, aqueles ambientalmente mais sustentáveis.

A premissa desta avaliação é que nem todo sistema de reciclagem é sustentável (LIPPIATT e NORRIS, 1996; BARTON et al, 1996) e alguns casos podem causar até mais impactos ao meio ambiente do que uma incineração ou uma disposição em aterro.

Avaliações ambientais como esta aqui proposta, em toda a cadeia do sistema de reciclagem podem evitar iniciativas ambientalmente questionáveis – embora bem intencionadas – como a do condomínio Riviera de São Lourenço (litoral de São Paulo), onde a construtora responsável pela infra-estrutura local empregou pilhas e baterias usadas na confecção de guias de concreto (GUIA DE BERTIOGA, 2003) com o aval da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland (NET ESTADO,

1997). Embora as pilhas possam ficar “encapsuladas” no interior das guias do concreto enquanto estas se encontram íntegras, não se pode garantir o mesmo quando elas forem danificadas e principalmente quando forem demolidas ao final de sua vida útil, quando então, poderão contaminar um resíduo (concreto) que poderia ser facilmente reciclado se não fossem as pilhas presentes. Neste sentido considera-se uma alternativa que vai contra o princípio do desenvolvimento sustentável pois se está apenas adiando um problema para ser resolvido pelas futuras gerações.

Mais detalhes sobre esta avaliação são apresentados no item 3.7 - Avaliação ambiental.

3.5.3.2 Avaliação de saúde ocupacional dos sistemas

Esta atividade prevê a análise dos riscos ao ser humano, gerados pelos sistemas de reciclagem e pelos seus produtos durante todo o seu ciclo-de-vida. Desta maneira, tais riscos podem ser mensurados, de forma a se criar um “ranking” dos sistemas de reciclagem, indicando aqueles que apresentam os menores riscos aos seres humanos.

O objetivo é evitar a adoção de sistemas de reciclagem que apresentem grandes riscos ocupacionais aos funcionários e/ou aos usuários dos produtos reciclados.

Este tipo de avaliação pode evitar problemas de saúde pública como o já citado caso da indústria de Acumuladores Ajax ocorrido em 2001 na cidade de Bauru – onde o processo industrial gerou a contaminação da comunidade local por chumbo (O Estado de São Paulo, 2002) –, ou ainda o episódio da contaminação da população de Santana, no Amapá, onde a prefeitura utilizou resíduos de manganês contaminados com arsênio. Os primeiros sintomas já começaram a aparecer na população, como problemas respiratórios (ALBANO, 2001).

Mais detalhes sobre esta avaliação são apresentados no item 3.8 - Avaliação de saúde ocupacional.

3.5.3.3 Avaliação econômica e de mercado

Esta atividade prevê uma análise dos custos e dos aspectos de mercado envolvidos

em cada um dos sistemas de reciclagem indicados pelos especialistas.

O objetivo é identificar as vantagens e desvantagens econômicas e de mercado de cada sistema e criar um “ranking” daqueles com maiores chances de sucesso. Uma avaliação deste tipo permite que cenários negativos previsíveis sejam considerados na adoção de um sistema de reciclagem. No caso de um resíduo gerado num local distante do mercado consumidor do produto reciclado, por exemplo, a distância de transporte seria um item crítico, que poderia inviabilizar todo o sistema.

Mais detalhes sobre esta avaliação são apresentados no item 3.9 - Avaliação econômica e de mercado.

3.5.4 Etapa 4 – Seleção das alternativas sustentáveis

Nesta etapa, com base nos resultados das avaliações da sustentabilidade dos sistemas de reciclagem, cria-se uma hierarquia com o objetivo de selecionar aqueles mais sustentáveis. Para isso utiliza-se a técnica da Análise Hierárquica, conforme apresentado na Figura 12.

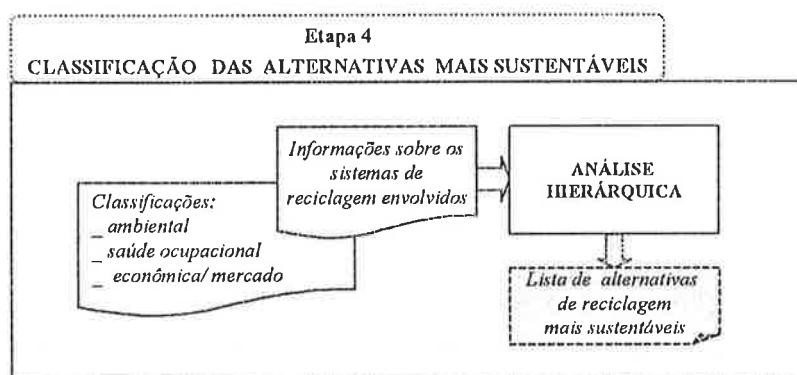


Figura 12 – Etapa 4 – Classificação das alternativas mais sustentáveis

3.5.4.1 Análise Hierárquica

Esta atividade prevê a seleção das alternativas mais sustentáveis de reciclagem, considerando os sistemas indicados na Etapa 2 (Consulta a Especialistas). A seleção é feita utilizando-se a ferramenta da Análise Hierárquica (A.H.) já apresentada neste

trabalho.

O objetivo é escolher, com base na sustentabilidade, apenas aqueles mais viáveis de serem implantados na situação específica, evitando-se assim gastos desnecessários na próxima etapa da metodologia (Etapa 5).

Recomenda-se que os executores desta análise sejam um grupo de especialistas em reciclagem formado por, no mínimo 3 pessoas, já que a A.H. consiste em uma técnica subjetiva.

3.5.5 Etapa 5 – Confirmação da possibilidade de uso

Nesta etapa são realizados os ensaios para comprovar se realmente os resíduos possuem potencial de serem usados nas áreas indicadas pelos especialistas. Esta análise é feita apenas para os sistemas de reciclagem definidos como mais sustentáveis na análise hierárquica.

Conforme apresentado na Figura 13 esta etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Realização dos ensaios para a confirmação o uso na área
- Verificação da possibilidade de uso do resíduo
- Definição de novos parâmetros a serem utilizados (eventual)

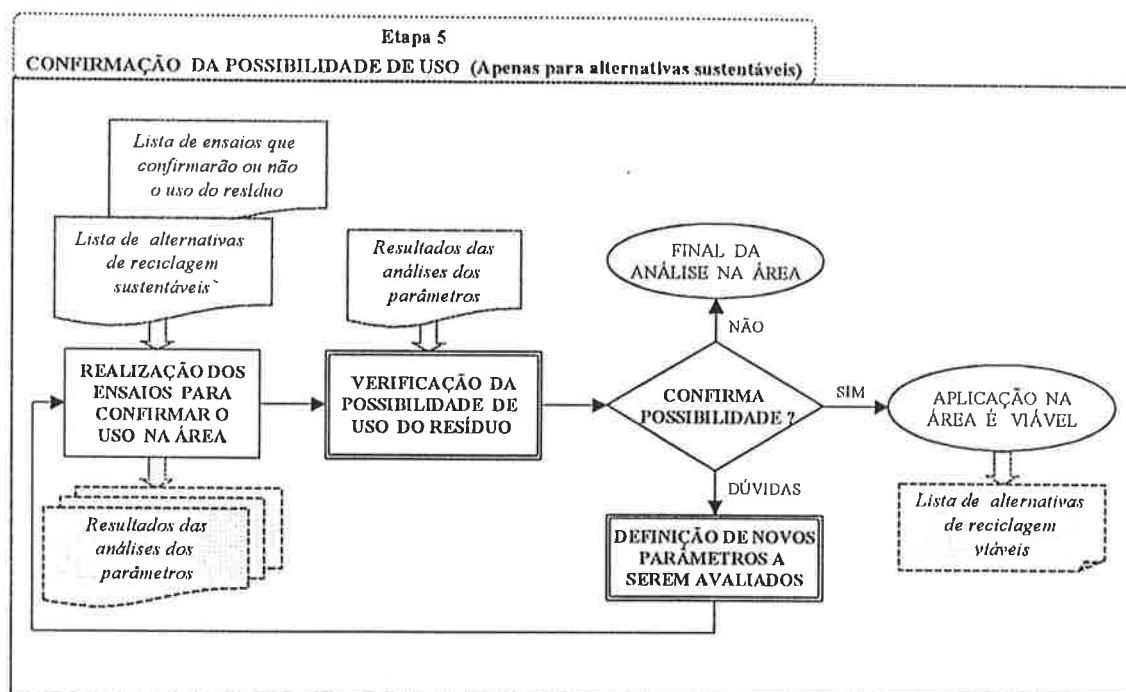


Figura 13 – Etapa 5 – Confirmação da possibilidade de uso

3.5.5.1 Realização dos ensaios para a confirmar o uso na área

Esta atividade prevê a realização do “ensaios extras” definidos pelos especialistas na etapa 2, para que as características e propriedades do resíduo ainda desconhecidas sejam determinadas.

Aconselha-se que a definição dos métodos e ensaios a serem usados sejam adotados com base em conceitos científicos do parâmetro a ser avaliado, e do tipo do resíduo, sempre que possível com o auxílio do especialista que requisitou a análise.

3.5.5.2 Verificação da possibilidade de uso do resíduo

Nesta atividade, os requisitos avaliados deverão ser informados aos respectivos especialistas, que deverão confirmar, com base nos resultados obtidos, se o resíduo realmente possui potencial para ser usado como material reciclado na sua área de atuação.

Caso o resíduo seja considerado adequado à utilização na área do especialista, o uso em questão entra na lista de alternativas de reciclagem viáveis e é indicado para

futuros estudos de pesquisa e desenvolvimento do produto (P&D). Caso contrário, ou seja, do especialista considerar o resíduo inadequado, encerra-se a análise na área.

Caso o especialista ainda possua dúvidas, segue a atividade seguinte.

3.5.5.3 Definição de novos parâmetros a serem utilizados

No caso do especialista ainda possuir dúvida sobre a viabilidade técnica do uso do resíduo em sua área, ele define novos ensaios ou parâmetros a serem avaliados no resíduo que finalmente demonstrem a potencialidade de seu uso.

3.6 ESTRUTURA PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE

Como esta metodologia foi criada sobre sistemas de reciclagem genéricos – só identificados no momento de sua aplicação – foi necessário criar uma estrutura que direcionasse a análise da sustentabilidade destes sistemas (Etapa 3 – análise ambiental, de saúde ocupacional, econômica e de mercado). Esta estrutura foi baseada na abordagem de processos.

A abordagem de processos é um enfoque recomendado pela ISO 9001⁴², versão 2000 (ABNT-ISO, 2000) para que as organizações gerenciem seus sistemas – quaisquer que sejam – de forma eficaz. A mesma norma define Abordagem de Processos como *“a identificação sistemática e a gestão dos processos⁴³ empregados na organização e, particularmente, as interações entre tais processos”*.

Uma vantagem da abordagem de processos é o controle contínuo que ela permite sobre as ligações entre cada processo dentro do sistema, bem como suas combinações e interações. Além disso, como esta norma cada vez mais faz parte do “dia-a-dia” das empresas (só no Brasil são mais de 4.500 empresas certificadas na série ISO9000, e no mundo todo o número chega a 510.000, de acordo com

⁴² Norma que especifica requisitos para Sistemas de Gestão da Qualidade.

⁴³ Processo: *“qualquer atividade, ou conjunto de atividades, que usa recursos para transformar (entradas) em produtos (saídas)”* (ABNT-ISO, 2000).

INMETRO, 2003), tal conceito em franco processo de difusão, facilitará a aplicação desta metodologia.

3.6.1 Identificação dos processos no sistema de reciclagem

Com base na abordagem de processos, as avaliações previstas na Etapa 3 desta metodologia, são realizadas a partir da análise dos principais processos que compõem cada sistema de reciclagem.

O mapeamento deste processos é feito com o auxílio dos especialistas consultados (Etapa 2), considerando os tipos genéricos de processos que podem ocorrer dentro de um sistema de reciclagem.

A Figura 14 apresenta os tipos genéricos de processos adotados por esta metodologia.

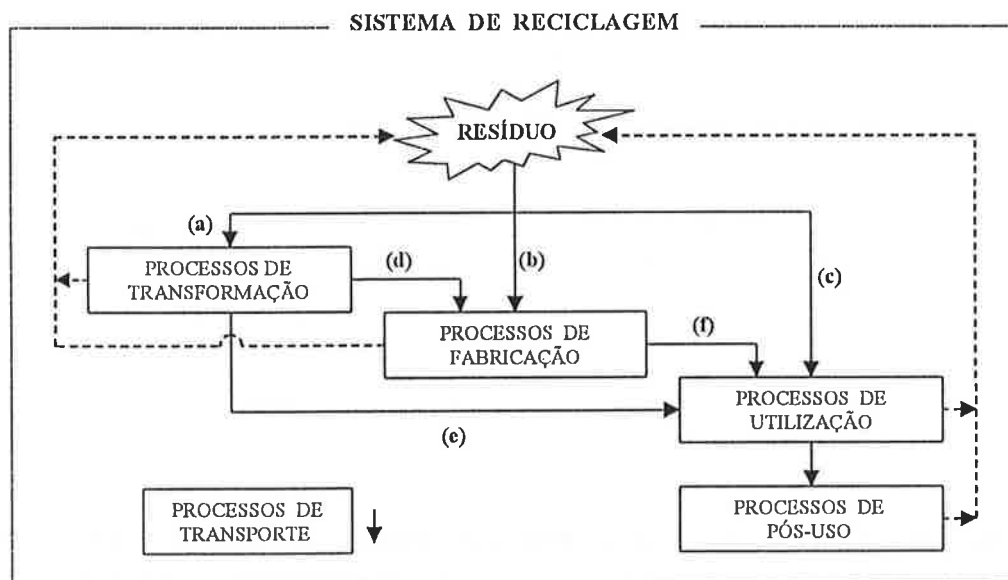


Figura 14 – Tipos de processos num sistema de reciclagem de resíduos

Estes tipos genéricos de processos foram definidos considerando o Princípio 3 desta metodologia (abordagem no ciclo de vida) e com base nos caminhos que os resíduos podem percorrer durante a sua reciclagem, sejam eles materiais sólidos, pastosos ou líquidos:

- Considerando que o sistema de reciclagem tem início a partir do momento em que o resíduo foi coletado, as primeiras atividades envolvidas com o sistema são as de transporte;
- Depois de coletado, há três caminhos possíveis para o resíduo: (a) passar por atividades de transformação, onde ele pode sofrer alterações em suas características físico-químico-biológicas, ou (b) ser encaminhado para atividades de fabricação – quando suas características não impuserem a necessidade de transformações –, ou (c) ser encaminhado diretamente para o uso como material reciclado;
- Quando ele passar por atividades de transformação, ele poderá seguir por dois caminhos: (d) ser encaminhado a atividades de fabricação, ou (e) ser usado como material reciclado. Quando ele passar pela atividade de fabricação ele seguirá também (f) para a utilização como material reciclado;
- Quando o material reciclado já tiver cumprido sua função (final de sua vida-útil), ele passará por atividades de pós-uso, como a desconstrução⁴⁴ (etapas de desmonte da construção, desmantelamento) e a demolição.

As atividades de pós-uso, embora geralmente negligenciadas nos estudos de reciclagem convencionais, são muito importantes, pois acenam para a possibilidade de impactos relacionados aos novos resíduos gerados. DE SIMONE e POPOFF (1998) lembram que a reciclabilidade do novo produto pode ser a garantia da possibilidade dele não se converter, ao final da sua vida útil, em um resíduo aterrado ou mal gerenciado. JOHN (2000) e WALSH (1991) também argumentam muito bem que, no caso do novo produto não ser reciclável, paradoxalmente, uma atividade de reciclagem pode estar provocando um aumento do volume de resíduos gerados pela sociedade, em longo prazo.

Portanto, no mapeamento dos processos existentes em cada sistema de reciclagem, são considerados aqueles que fazem parte dos 5 tipos de processos:

⁴⁴ Do verbo desconstruir: desfazer a construção, destruir (MICHAELIS, 2001).

1. **Processos de transporte:** envolvem as operações relacionadas ao traslado do resíduo e podem estar presentes durante várias fases do sistema de reciclagem, sempre que as atividades forem executadas em locais diferentes; envolvem processos de carga, descarga e transporte propriamente dito;
2. **Processos de transformação:** são aqueles relacionados à alteração das características dos resíduos, necessárias para torná-los aptos a serem reciclados; incluem processos de armazenamento, limpeza, tratamento, britagem, peneiramento, secagem, etc.;
3. **Processos de fabricação:** são aqueles relacionados à confecção de componentes ou produtos a serem usados como materiais reciclados; incluem processos de mistura, moldagem, hidratação, cura, corte, etc.;
4. **Processos de utilização:** envolvem 3 tipos de atividades: emprego do produto/resíduo reciclado, uso e manutenção do mesmo durante sua vida-útil; incluem processos de aplicação, corte, injeção, moldagem, reparo, reformas, recuperação, etc.;
5. **Processos de pós-uso:** são aqueles relacionados às atividades de “retirada de uso” do produto/resíduo reciclado; incluem processos de desconstrução e demolição.

Outros tipos de processos industriais aqui não categorizados que façam parte do sistema de reciclagem em análise devem ser considerados no mapeamento do processo. Estes outros tipos não incluem aqueles relacionados a atividades administrativas e de serviços de apoio, como escritórios, sanitários, almoxarifados, refeitórios, área comercial, etc., que geralmente são comuns em qualquer sistema de reciclagem e também porque não fazem parte da unidade produtiva principal⁴⁵.

⁴⁵ Quando tais processos forem muito significativo no sistema de reciclagem analisado convém que ele seja também considerado no mapeamento dos processos.

3.7 AVALIAÇÃO AMBIENTAL

O objetivo desta avaliação é determinar o desempenho ambiental dos sistemas de reciclagem, ou seja, a forma como eles interagem com o meio ambiente. Deste modo, possíveis alternativas de reciclagem podem ser comparadas sob o enfoque ambiental, permitindo a escolha daquelas de melhor desempenho.

A mensuração de tal desempenho foi realizada com base nos impactos negativos que cada sistema de reciclagem pode gerar no meio ambiente – tanto para os seres vivos (comunidades bióticas) como para o meio abiótico (solo, ar e água). Quanto maiores os impactos, pior foi considerado o desempenho ambiental do sistema.

Para o dimensionamento destes impactos utilizou-se as seguintes premissas:

O impacto ambiental total gerado por um sistema de reciclagem é equivalente a soma dos impactos gerados por cada aspecto ambiental deste sistema;

O potencial de o sistema de reciclagem gerar o impacto é diretamente proporcional ao potencial de ocorrência do aspecto e à significância do aspecto para o meio ambiente;

A significância de cada aspecto para o meio ambiente é equivalente a soma da significância dos impactos gerados por ele.

Assim, os seguintes estudos foram realizados para avaliação ambiental:

- 1) Identificação dos aspectos e impactos ambientais do sistema de reciclagem;
- 2) Análise do potencial de ocorrência dos aspectos/ impactos;
- 3) Classificação da significância dos impactos e dos aspectos para o meio ambiente.

3.7.1 Identificação dos aspectos ambientais

Para identificação dos aspectos ambientais dos sistemas de reciclagem adotou-se as

diretrizes da Análise do Ciclo de Vida (ACV)⁴⁶, conforme prescrita na ISO14.040 - "Life Cycle Assessment - Principles and Framework" (ISO, 1997).

3.7.1.1 Definições adotadas

Para a utilização do conceito da ACV, as seguintes definições foram adotadas:

- 1) **Sistema a ser avaliado:** sistema de reciclagem de resíduos, definido no mapeamento dos processos durante a consulta aos especialistas (Etapa 2 desta metodologia);
- 2) **Objetivo da análise:** avaliar o sistema de reciclagem, de forma a identificar todos os aspectos ambientais relevantes;
- 3) **Função do sistema de reciclagem:** utilizar um resíduo de maneira adequada em um processo industrial, de forma que ele seja usado como matéria-prima ou insumo na produção de um material ou produto e que este seja satisfatoriamente absorvido pelo mercado;
- 4) **Partes interessadas⁴⁷:** pesquisadores, geradores de resíduos, governo e tomadores de decisões quanto ao tipo de reciclagem a ser adotado para um determinado resíduo.

3.7.1.2 Simplificações adotadas

Alguns parâmetros que geralmente são definidos durante o escopo de uma Análise do Ciclo de Vida, como unidade funcional⁴⁸, desempenho⁴⁹ e fluxo de referência⁵⁰,

⁴⁶ A metodologia da ACV foi usada apenas como uma diretriz para a identificação de aspectos e impactos; não faz parte do escopo deste trabalho, portanto, executar um estudo de ACV.

⁴⁷ Indivíduo ou grupo relacionado ou afetado pelo desempenho ambiental do produto ou sistema analisado, ou pelos resultados da análise do ciclo de vida (ISO, 1997).

⁴⁸ Quantificação do desempenho de um sistema ou produto usada como unidade de referência em uma ACV (ISO, 1997).

⁴⁹ Valor adotado para definir o desempenho do produto estudado.

não foram aqui considerados, pois eles estão relacionados à etapa quantitativa dos estudos de ACV. Como este trabalho utiliza formas de análise qualitativa, estes parâmetros não serão utilizados.

3.7.1.3 Fronteiras do sistema

Todo sistema industrial possui uma série de outros sistemas externos, que com ele se relacionam e que fornecem ou recebem materiais e recursos, como água, energia, matérias-primas e produtos. Num sistema de reciclagem isto também ocorre.

A ferramenta da ACV prevê que antes do início da identificação dos aspectos ambientais, se estabeleça uma fronteira entre o sistema a ser avaliado e esses outros sistemas externos, de forma a ficar claro (entre outros pontos) até onde a avaliação dos aspectos será considerada dentro do ciclo de vida do produto ou processo analisado.

No estabelecimento da fronteira do campo de análise dos aspectos e impactos para o presente trabalho, muitos desses sistemas externos não foram considerados. O critério utilizado para estabelecer estes limites foi a significância⁵¹ dos aspectos gerados e a exeqüibilidade do estudo.

A Figura 15 apresenta as fronteiras adotadas (linha tracejada) para a avaliação ambiental, considerando os “tipos de processos” existentes num sistema de reciclagem (item 3.6) e os sistemas externos envolvidos. Apenas os sistemas que se encontram dentro deste limite farão parte da análise. Aqueles localizados fora da fronteira (linhas pontilhadas) não serão considerados.

Portanto, o processo terá início com o procedimento de coleta do resíduo

⁵⁰ Quantidade de produto necessária para “exercer a função, na quantidade estabelecida pela unidade funcional (SILVA, 2001).

⁵¹ Este é um ponto bastante polêmico da ACV devido ao caráter subjetivo da escolha destes limites. No entanto como o limite estabelecido será o mesmo para todos os sistemas analisados isto não será crítico nestes estudos.

armazenado⁵², e fim, no momento em que o resíduo reciclado concluir sua vida-útil e der origem a um novo resíduo.

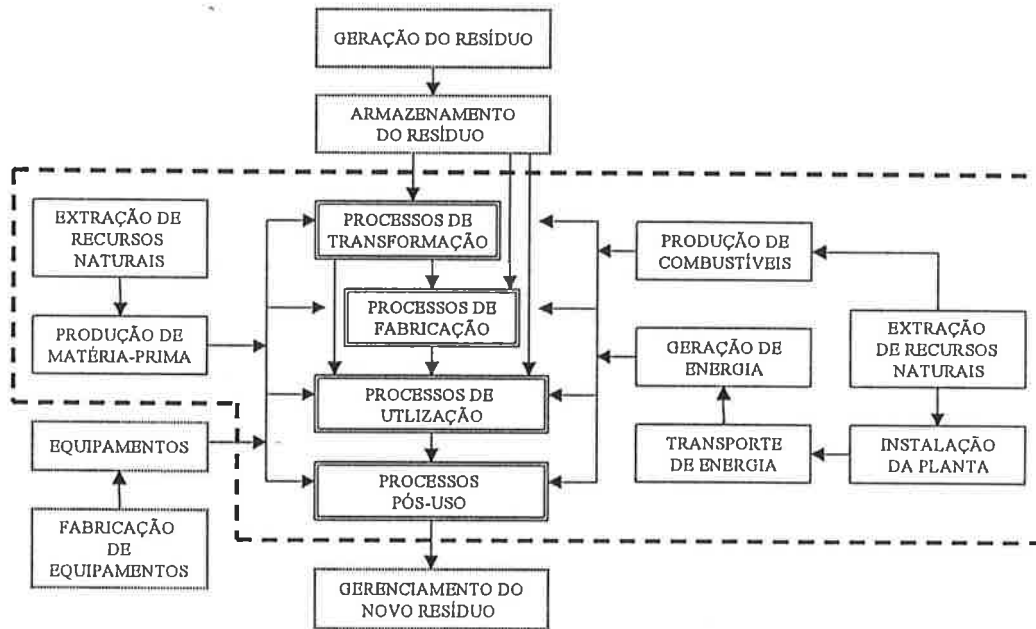


Figura 15 - Fronteiras do sistema de reciclagem para a ACV

3.7.1.4 Balanço energético e de materiais

Para a identificação dos aspectos ambientais, a ACV propõe a realização do balanço energético e de materiais em todos os processos/ atividades do sistema analisado, caracterizando as inter-relações destes com o meio (ISO, 1997).

Para identificar as entradas e saídas (descargas) do sistema, foram analisados cada um dos "tipos de processos" de um sistema de reciclagem (item 3.6), considerando a análise representada na Figura 16.

⁵² Embora o armazenamento do resíduo no gerador não faça parte da análise, possíveis armazenamento existentes nos processos de transformação e/ou confecção e/ou uso do produto reciclado, serão considerados.

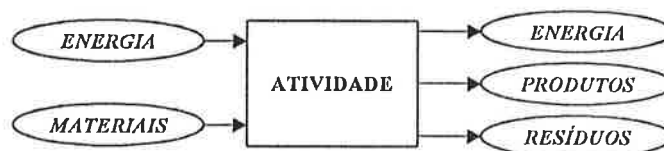


Figura 16 –Balanço energético e de massa (adaptado de TSHUDY, 1996)

Todos as entradas e saídas do sistema recaem em uma das categorias acima expostas: **ENTRADAS** - (a) energia, que compreende toda forma de energia necessária ao processo; (b) materiais, que representam as matérias-primas principais para a atividade e todos os materiais de suporte ao processo, como água, equipamentos, materiais de manutenção, etc; **SAÍDAS** - (c) energia, que representa as perdas do sistema (como calor, vibrações, etc.); (d) resíduos, compreendendo os sólidos, líquidos, gasosos, incluindo sucatas (equipamentos ao final da vida útil); (e) produtos, constituídos tanto pelo produto principal da atividade como pelos subprodutos eventualmente produzidos.

3.7.1.5 Análise do inventário

A análise das entradas e saídas de cada um dos processos/ atividades do sistema de reciclagem foi realizada de forma qualitativa. Este critério foi adotado por se tratar da análise de um processo genérico – o que tornaria inviável a quantificação dos aspectos, neste momento – e também considerando uma das diretrizes da metodologia que acena para uma forma de análise rápida e de simples aplicação.

A análise dos aspectos foi realizada com base nos tipos de processos definidos no item 3.6, e sobre as atividades apresentadas na Figura 17.

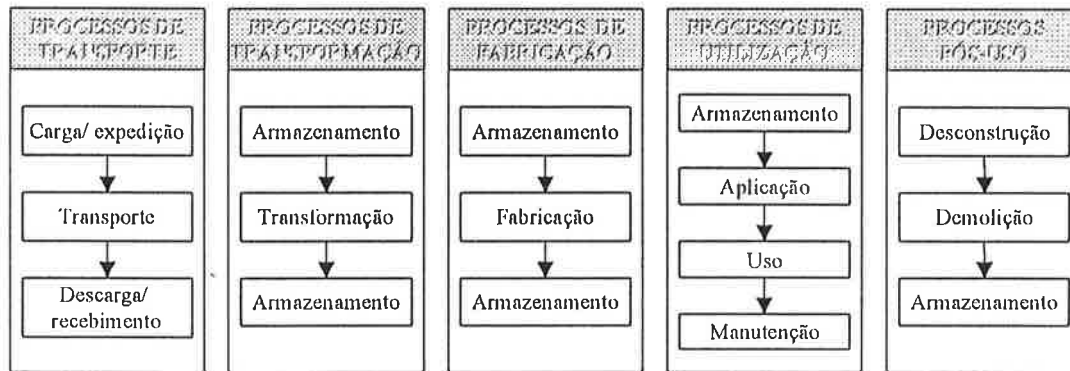


Figura 17 – Atividades analisadas nos processo do sistema de reciclagem

A identificação dos aspectos foi realizada em 2 etapas, envolvendo a participação de especialistas em avaliações ambientais:

- 1) Levantamento de todos os aspectos ambientais possíveis de ocorrer em cada processo/ atividade acima apresentadas;
- 2) Seleção dos aspectos ambientais considerados mais críticos ao sistema;

A primeira etapa está apresentada de forma detalhada no Anexo D, que apresenta todas as entradas e saídas de cada um dos processos/ atividades analisados.

Na segunda etapa, foram considerados críticos os aspectos que podem gerar impactos, cuja “soma” de efeitos expresse da melhor forma possível a agressão ambiental total do processo. Decidiu-se trabalhar com um número limitado de aspectos, ou seja, apenas os mais críticos e agrupados em categorias, para que as diretrizes estabelecidas para este estudo - desenvolver uma metodologia de aplicação simples e rápida - fossem atendidas.

Assim, os seguintes aspectos foram selecionados para esta avaliação:

1. Consumo de água
2. Consumo de matérias-primas
3. Consumo de combustíveis

4. Consumo de energia
5. Geração⁵³ de efluentes
6. Geração de emissões (CO₂, CH₄, SO_x, poeiras, fibras, etc.)
7. Geração de resíduos sólidos
8. Geração de ruídos
9. Contaminantes lixiviados⁵⁴

3.7.2 Identificação dos impactos ambientais

Para a identificação dos impactos gerados por cada um dos aspectos críticos, definiu-se inicialmente as “categorias de impacto” que seriam utilizadas.

As principais categorias de impactos aos meios biótico e abiótico - inclusive os gerados diretamente ao ser humano, foram definidas com base em ClB (2000), BRAGA et al (1999), UNEP (1996), conforme abordado no capítulo Revisão Bibliográfica, e em discussões com especialistas da área ambiental.

Foram adotadas as categorias consideradas mais abrangentes, e aquelas específicas (não abrangentes) mas que representam as principais preocupações atuais em relação à degradação ambiental.

A seguir serão estão listadas as categorias adotadas:

1. **AEE** - aumento do efeito estufa;
2. **CLF** - contaminação do lençol freático;
3. **DFE** - danos à flora e à fauna (do estresse até a morte);
4. **DP** - danos patrimoniais;
5. **DQA** - degradação da qualidade da água;
6. **DQAr** - degradação da qualidade do ar;
7. **DQS** - degradação da qualidade do solo;
8. **ERN** - esgotamentos de recursos naturais;

⁵³ Embora o ato da geração do efluente não seja o aspecto, mas sim o próprio efluente, utilizou-se os termos "geração de" para caracterizar alguns aspectos, apenas para facilitar a compreensão do aspecto.

⁵⁴ Lixiviados dos materiais, dos componentes ou dos novos resíduos gerados ao final da vida útil.

9. **PBD** – perda da biodiversidade;
10. **PS** - poluição sonora;
11. **PV** - poluição visual;
12. **SIF** – smog industrial fotoquímico

Depois de definidas as categorias, verificou-se quais delas estão relacionadas aos aspectos ambientais críticos identificados acima. O Anexo E apresenta de forma detalhada a inter-relação adotada para este trabalho, com base na experiência do autor e em consulta à especialistas da área ambiental. Foram definidos para cada aspecto, as 5⁵⁵ principais categorias de impactos por eles gerados. A Tabela 1, apresenta um resumo geral desta inter-relação.

⁵⁵ Decidiu-se manter o mesmo número de categorias para cada aspecto, para facilitar a forma de "quantificação" do levantamento, na etapa de análise dos dados. Embora para o aspecto "geração de efluentes" foram mantidas mais de 5 categorias, durante a classificação (Anexo G) apenas 5 categorias foram usadas para cada tipo de efluente.

Tabela 1 - Aspectos ambientais e seus respectivos impactos.

ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTO ASSOCIADO												
	DQS	DQA	DQAr	CLF	DFE	DP	PS	PV	ERN	PBD	AEE	SIF	
Consumo de água doce	■	■			■				■	■			
Consumo de matéria-prima	■	■			■				■	■			
Consumo de combustíveis	■		■						■		■	■	
Consumo de energia			■		■				■	■	■		
Geração de efluentes	■	■	■	■	■	■		■			■		
Geração de emissões			■		■	■					■	■	
Geração de resíduos sólidos	■	■	■		■			■					
Geração de ruídos					■		■						
Contaminantes lixiviados	■	■		■	■				■				

AEE - aumento do efeito estufa

CLF - contaminação do lençol freático

DFE - danos à flora e à fauna (do estresse até a morte)

DP - danos patrimoniais

DQA - degradação da qualidade da água

DQAr - degradação da qualidade do ar

DQS - degradação da qualidade do solo;

ERN - esgotamentos de recursos naturais;

PBD - perda da biodiversidade;

PS - poluição sonora;

PV - poluição visual;

SIF - smog industrial fotoquímico

3.7.3 Potencial de Ocorrência dos Aspectos⁵⁶

Para a determinação deste potencial definiu-se um critério semi-quantitativo, onde todos os aspectos ambientais são avaliados quanto ao seu potencial de ocorrência dentro dos processos/ atividades do sistema de reciclagem.

Para isso foram definidos dois parâmetros:

Os processos/ atividades a serem avaliados, e

A forma de mensuração do potencial de ocorrência do aspecto.

3.7.3.1 Processos/ atividades a serem avaliados

Os processos/ atividades a serem avaliados são determinados a partir de duas fases:

(a) Fase de produção e (b) Fase de uso e pós-uso.

Para a Fase de produção, os processos são determinados durante a própria aplicação da metodologia, com o auxílio de especialista(s) no sistema de reciclagem analisado. Tais processos/ atividades devem ser definidos considerando etapas de (I) transformação do resíduo, (II) fabricação e (III) aplicação dos produtos produzidos. Os processos de Transporte e de carga-descarga-armazenamento tanto do resíduo como dos produtos produzidos também devem ser considerados⁵⁷.

Na Fase de pós-uso do sistema, devem ser analisados os seguintes processos/ atividades⁵⁸: (1) uso, (2) manutenção e (3) desconstrução/ demolição dos produtos produzidos.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos processos e atividades a serem analisados e dos tipos de análises desenvolvidas.

⁵⁶ A partir desta etapa, não foram mais seguidas as diretrizes propostas pela ACV (que determina que neste ponto seja realizada a quantificação da contribuição dos aspectos ambientais, para cada categoria de impacto) devido ao escopo e aos objetivos desta pesquisa.

⁵⁷ Para um dimensionamento eficaz desta avaliação todas as etapas de transporte e de carga-descarga-armazenamento (até a aplicação) devem ser especificadas no fluxograma do sistema de reciclagem.

Tabela 2 – Processos/ atividades considerados na avaliação ambiental

FASES	ETAPAS	PROCESSOS/ ATIVIDADES
Produção	Transformação	A serem definidos durante a aplicação da metodologia
	Fabricação	
	Aplicação	
Uso e pós-uso	Utilização	Uso
	Manutenção	Manutenção
	Desconstrução/ demolição	Descont./ demolição

3.7.3.2 Mensuração do potencial de ocorrência do aspecto

Para mensurar o potencial de ocorrência dos aspectos ambientais, avalia-se - com o apoio de especialistas dos sistemas de reciclagem (Etapa 2) - onde e como os aspectos podem ser gerados dentro de cada atividade/ processo.

Assim, para o consumo de recursos, como por exemplo o consumo de água, avaliam-se os equipamentos e que atividades necessitam deste recurso e a frequência de consumo. Para a mensuração da frequência de consumo foi adotado o seguinte critério:

- Esporádico (menos de uma vez por semana) → 1
- Semanal (pelo menos uma vez por semana) → 2
- Diário (pelo menos uma vez ao dia) → 4
- Contínuo (praticamente ininterrupto) → 5

Já para a geração de resíduos, como por exemplo os efluentes, avalia-se as atividades geradoras, os tipos de efluentes gerados e a porcentagem gerada, esta última sendo avaliada em função da tonelada de produto produzido. No caso dos resíduos sólidos gerados, avalia-se ainda a sua reciclabilidade, através do seguinte critério:

- Altíssima probabilidade de reciclagem → 1
- Probabilidade média de reciclagem → 3
- Reciclagem altamente improvável → 5

⁵⁸ Aqui os processos já são estes os definidos.

Para auxiliar na análise do potencial de ocorrência dos aspectos dentro do sistema de reciclagem, o Anexo F fornece alguns indicadores de como os aspectos podem ser gerados.

Após este levantamento junto aos especialistas dos sistemas de reciclagem, realiza-se uma análise hierárquica para cada aspecto ambiental, determinando assim a sua probabilidade de ocorrência.

3.7.4 Significância dos impactos e aspectos ambientais

A forma de avaliação da significância dos impactos para o meio ambiente toma como base a especificação da ABNT-ISO (1996a), que considera apropriado o uso de parâmetros como a escala, a severidade, a probabilidade de ocorrência e a duração do impacto.

Este conceito é comumente utilizado para a identificação de aspectos e impactos significativos de processos industriais, para a implantação de Sistemas de Gestão Ambiental em conformidade com a ISO14.001 (FCAV, 2000).

A seleção dos parâmetros de classificação foi feita a partir de critérios usados por duas empresas certificadoras (*Fundação Carlos Alberto Vanzoline e Bureau Veritas*) em seus treinamentos para implantação desses sistemas de gestão. A seguir são apresentados os critérios adotados:

Efeito: refere-se ao modo de ação do impacto, quanto à necessidade de interação com outros fatores para sua ocorrência, e pode ser: **indireto** (1) ou **direto** (2);

Escala: refere-se ao nível de abrangência do impacto e pode ser: **local** (1): restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade; **regional** (2): atinge as cidades vizinhas e/ou a região; ou **global** (3): pode atingir todo o planeta Terra;

Gravidade: refere-se à gravidade do impacto para o meio, no caso de este ocorrer, e pode ser: **baixa** (1) - impacto de magnitude desprezível, com degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo; **média** (2) - impacto de magnitude média com degradação ambiental reversível mediante ação humana de médio prazo; ou **alta** (3) - impacto de grande magnitude, com degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos;

Probabilidade de ocorrência: é a classificação dos impactos em relação a probabilidade de sua ocorrência, e pode ser: **baixa** (1) - quando ocorrendo o aspecto gerador, o impacto tem baixa probabilidade de ocorrer; **alta** (2) - quando ocorrendo o aspecto gerador, o impacto possui alta probabilidade de ocorrer; **altíssima** (3) - quando ocorrendo o aspecto gerador, o impacto sempre ocorrerá;

A Tabela 3, apresenta um modelo de planilha para a classificação dos impactos, utilizando o sistema acima especificado. A soma horizontal dos parâmetros avaliados gera a significância de cada impacto (TOTAL). A soma vertical do "TOTAL" de cada impacto resulta na significância do aspecto ambiental gerador dos impactos.

Tabela 3 - Avaliação da significância dos impactos e aspectos ambientais

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE	TOTAL
Aspecto i	Impacto 1					
	Impacto 2					
	Impacto 3					
	Impacto n					
	SIGNIFICÂNCIA DO ASPECTO					

O Anexo G apresenta o resultado final da classificação, efetuada por uma equipe multidisciplinar.

Os valores obtidos nesta classificação, são utilizados como "default" pela metodologia, mas também há a possibilidade de se atribuir (no momento de aplicação da metodologia) outros valores de importância para os aspectos, tendo em vista que o grau de importância atribuído a um impacto ambiental pode variar de acordo com aspectos regionais, sociais, culturais e com a situação e/ou interesses econômicos envolvidos na análise.

3.7.5 Mensuração do desempenho ambiental

Uma vez definidos o potencial de ocorrência e a significância de cada aspecto ambiental, consegue-se avaliar a dimensão do impacto gerado por cada um e, conseqüentemente, o desempenho ambiental global do sistema de reciclagem, conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4 – Mensuração do desempenho ambiental do sistema de reciclagem.

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do aspecto ambiental	Impacto gerado pelo aspecto
Consumo de água			
Consumo de matéria-prima			
Consumo de combustíveis			
⋮			
Ruídos			
Elementos perigosos			
Desempenho ambiental global do sistema de reciclagem			

3.8 AVALIAÇÃO DE SAÚDE OCUPACIONAL

O objetivo desta avaliação é identificar os riscos potenciais que os sistemas de reciclagem podem gerar ao ser humano, tanto no ambiente de trabalho (atividades ou processos do sistema), quanto nas fases de uso e descarte do material reciclado.

Na prática, os riscos ocupacionais podem ser divididos em riscos de operação e riscos de ambiente (BUREAU VERITAS, 2002). Os riscos de operação estão relacionados às condições precárias do processo operacional e às condições físicas dos locais de trabalho, como máquinas desprotegidas, pisos escorregadios e empilhamentos incorretos. Já os riscos ambientais são os relacionados às condições inseguras de ambiente de trabalho, como a presença de gases e vapores tóxicos, ruído, radiações, etc. (WELLS, 1996; LIPTON, 1994).

Faz parte do escopo deste estudo apenas a avaliação dos riscos ambientais dos sistemas de reciclagem, já que a análise é feita em uma etapa de anteprojeto – sistemas ainda não instalados e não operantes – e assim não seria possível identificar

os riscos de operação.

3.8.1 *Análise dos riscos*

Segundo a norma britânica BS 8800 (BSI, 1996), não há a necessidade de se fazer cálculos numéricos precisos de riscos para a análise da maioria dos processos industriais. Métodos complexos para quantificar os riscos são exigidos apenas quando as conseqüências ou falhas podem ser catastróficas, como por exemplo, na indústria aeronáutica e na indústria petrolífera (WELLS, 1996). Assim, na maioria das organizações industriais, métodos subjetivos muito mais simples são apropriados.

Para a identificação dos riscos ambientais envolvidos com os sistemas de reciclagem foi utilizada a técnica de análise de risco.

Dentre as técnicas de análise de riscos apresentadas na Revisão Bibliográfica e no Anexo H, optou-se por utilizar a Análise Preliminar de Riscos (APR), pelos seguintes motivos:

- a) É uma técnica que pode ser aplicada em sistemas ainda não existentes - em fase de projeto - o que é uma necessidade deste estudo;
- b) É uma técnica qualitativa, ou seja, não necessita do levantamento de dados quantitativos para identificar os perigos e mensurar os riscos - o que também atende às necessidades deste estudo.
- c) Possui uma relativa facilidade de aplicação – implica em agilidade – quando comparada às demais técnicas, que geralmente são bastante complexas, demoradas⁵⁹ para serem aplicadas e envolvem custos elevados (TARALLI e SIMÕES, 2001);

⁵⁹ Uma HAZOP – técnica de identificação num nível de sofisticação acima da APR –, pode levar até 5 anos para ser aplicada em estabelecimentos do porte de uma refinaria de petróleo. Em projetos pequenos, como um posto de gasolina, leva de 7 a 8 meses (TARALLI e SIMÕES, 2001).

d) É uma técnica amplamente difundida e utilizada⁶⁰ nos mais diversos setores industriais, o que pode facilitar a aplicação desta metodologia.

O estudo de APR foi realizado sobre os “tipos de processos” existentes nos sistemas de reciclagem (conforme definidos no item 3.6 - ESTRUTURA PARA A ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE), seguindo-se as diretrizes da BS 8800/ 96, *Guide to occupational health and safety management systems* (BSI, 1996) e da OHSAS 18001/ 99, *Occupational health and safety management systems – Specification* (BSI, 1999).

3.8.2 Análise Preliminar de Riscos

Segundo a BS 8800/ 96 (BSI, 1996) os passos básicos para a aplicação de uma APR são:

- a. **Classificação das atividades do sistema** de reciclagem dentro da fronteira estabelecida para a análise de risco;
- b. **Identificação dos perigos significativos** relacionados com cada atividade, considerando os possíveis prejudicados e a forma como isso pode ocorrer;
- c. **Determinação do grau de risco**, fazendo uma estimativa do risco associado com cada perigo, assumindo que os controles planejados ou existentes funcionem⁶¹.

3.8.2.1 Classificação das atividades do sistema

As atividades do sistema de reciclagem consideradas para a identificação dos perigos foram as mesmas analisadas na Avaliação Ambiental (Figura 17).

A Figura 18 apresenta os limites (linha tracejada) dentro dos quais a análise da identificação de perigos foi realizada. O início ocorreu nas atividades de coleta do

⁶⁰ Segundo TARALLI e SIMÕES (2001), 99% dos casos de avaliações de riscos são resolvidos pela Análise Preliminar de Riscos (APR).

⁶¹ No caso deste trabalho os controles não serão assumidos pelo fato da análise estar sendo aplicada na etapa de projeto do empreendimento.

resíduo e terminou com os processos de pós-uso do produto reciclado, ou seja, no momento em que ele concluiu sua vida-útil e deu origem a um novo resíduo.



Figura 18 - Fronteiras do sistema de reciclagem para a ACV

3.8.2.2 Identificação dos perigos significativos

Para a identificação dos perigos, cada um dos “tipos de processo” possíveis de existir em um sistema de reciclagem (Figura 14) foi analisado quanto à possibilidade de apresentar atividades perigosas ou insalubres, com base nas especificações das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho “*NR15 – Atividades e Operações Insalubres*” (MTE, 1978a), e “*NR16 – Atividades e Operações Perigosas*” (MTE, 1978b), nas diretrizes da BS8800/96 (BSI, 1996) e em consulta à especialistas.

Os seguintes perigos foram considerados críticos para este estudo:

1. Ruídos
2. Vibrações
3. Frio

4. Calor
5. Esforço físico intenso
6. Radiações
7. Substâncias perigosas (explosivas, inflamáveis)
8. Substâncias insalubres⁶²

3.8.2.3 Determinação do grau de risco

A definição de risco segundo BSI (1999) é a combinação da probabilidade de um determinado perigo causar o dano e suas consequência(s), ou seja a gravidade do dano. Portanto, para a determinação do grau de risco é preciso identificar os danos que cada um dos perigos pode gerar. A Tabela 5 apresenta alguns dos principais danos gerados pelas categorias de perigos envolvidos com um sistema de reciclagem com base em VIEIRA (1998), BRASIL (1999), NIESINK (1996), WEEKS (1991) e MTE (1978b).

Tabela 5 – Causas dos perigos e principais danos associados

PERIGO	CAUSA	DANO ASSOCIADO
Ruídos	Máquinas e equipamentos usados durante o processo de reciclagem	Dano ao sistema auditivo
		Perturbação do sistema nervoso
		Perturbação do sistema digestivo
		Estresse/ irritabilidade
Vibrações	Máquinas e equipamentos usados durante o processo de reciclagem.	Lesões neurovasculares
		Lesões ósseo- musculares
		Lesões articulares
		Estresse/ irritabilidade
Frio	Atividades desenvolvidas em locais de baixa temperatura	Lesões de pele
		Congelamento dos membros
		Queimaduras
Calor	Calor emitido por fornos, máquinas ou equipamentos	Intermação
		Desidratação
		Queimaduras
		Estresse/ irritabilidade

⁶² Substâncias presentes nas matérias-primas, nos produtos ou nos resíduos gerados (VOCs, gases, solventes, óleos, graxas, ácidos, bases, fibras, poeiras, fumos, etc.).

PERIGO	CAUSA	DANO ASSOCIADO
Esforço físico intenso	Atividades que exigem esforço físico demasiado e/ou prolongado.	Danos motores
		Lesões ósseos- musculares
		Estresse/ irritabilidade
Radiação não ionizante (Raio laser, infra-vermelho, microondas, ultra-violeta)	Emissão de radiação es por materiais (matéria-prima) ou equipamentos utilizados	Câncer de pele
		Lesões oculares
		Queimaduras
Radiação ionizante corpusculares (Raios α e Raios β)	Emissão de radiação por materiais (matéria-prima) ou equipamentos utilizados	Câncer de pele
		Necrose de pele
		Queimaduras
Radiação ionizante eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Emissão de radiação por materiais (matéria-prima) ou equipamentos utilizados	Câncer interno
		Necrose em órgãos internos
		Necrose de pele
Substâncias perigosas	Substâncias explosivas usadas em qualquer etapa do sistema de reciclagem	Amputação, morte
		Queimaduras, fraturas
		Tensão, estresse.
Substâncias insalubres	Presentes na matéria-prima, produtos ou resíduos gerados (solventes, óleos, graxas, ácidos, bases, fibras, poeiras, fumos, etc.).	<i>Depende da substância</i>

Os danos associados às substâncias insalubres podem variar de forma bastante expressiva, devido à grande quantidade de substâncias patogênicas que podem estar envolvidas com as atividades industriais. Além disso, nem todas essas substâncias causam os mesmos tipos de danos aos ser humano.

Dessa forma, considerou-se que o levantamento destes danos neste momento - sem a identificação das substâncias que estão presentes no sistema de reciclagem - deixaria o processo demasiadamente impreciso e, portanto, a avaliação do grau de risco envolvendo este perigo foi definida de forma distinta e será apresentada a seguir.

A classificação da gravidade dos danos identificados foi realizada de acordo com o critério apresentado na Tabela 6, observando-se as diretrizes da BS 8800/ 96 (BSI, 1996).

Tabela 6 – Critérios para avaliação da gravidade do dano

PESO	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : quase desprezíveis <u>Doença</u> : incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões</u> : superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências</u> : reversíveis <u>Doença</u> : reversível (L.E.R. ⁶³ , D.O.R.T. ⁶⁴ , asma, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : irreversíveis <u>Doença</u> : irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Fonte: Adaptado de BSI (1996)

A ocorrência de cada perigo no sistema de reciclagem foi avaliada com o auxílio de especialistas nos sistemas (Etapa 2 desta metodologia). Já a probabilidade de ocorrência dos danos foi definida com base no critério apresentado na Tabela 7, seguindo as diretrizes da BS 8800/ 96 (BSI, 1996).

A OSHAS 18.001 (BSI, 1999) é confusa na definição de perigo, deixando dúvida se o risco deve ser avaliado em função da probabilidade de ocorrência do perigo ou do dano. No entanto, segundo GODINI (2003)⁶⁵, o fato de um perigo existir numa determinada atividade não significa que todos os danos a eles relacionados ocorrerão. Sempre haverá diferentes probabilidades envolvendo a ocorrência de cada um, dependendo de fatores como nível de exposição, medidas de controle existentes, entre outros.

⁶³ L.E.R.: Lesão por Esforços Repetitivos

⁶⁴ D.O.R.T.: Distúrbio Ostco-muscular Relacionado ao Trabalho (MARTINS, 2000)

⁶⁵ Entrevista realizada com a especialista em saúde e segurança ocupacional Maria Dorotca Queiroz Godini em 05 maio 2003.

Tabela 7 – Critérios para avaliação da probabilidade do dano ser gerados

PESO	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre casualmente, acidentalmente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

Fonte: Adaptado de BSI (1996)

A partir destes critérios de classificação foram definidos os graus de riscos do processo, considerando a seguinte pontuação:

Tabela 8 – Definição do grau de risco

PROBABILIDADE	GRAVIDADE		
	Levemente prejudicial	Prejudicial	Extremamente prejudicial
Improvável	<i>Risco trivial (1)</i>	<i>Risco tolerável (2)</i>	<i>Risco moderado (3)</i>
Provável	<i>Risco tolerável (2)</i>	<i>Risco moderado (4)</i>	<i>Risco substancial (6)</i>
Muito provável	<i>Risco moderado (3)</i>	<i>Risco substancial (6)</i>	<i>Risco intolerável (9)</i>

Fonte: Adaptado de BSI (1996)

O Anexo 1 apresenta o resultado da avaliação da gravidade do dano e da sua probabilidade de ocorrência, efetuada com o auxílio de uma equipe de especialistas da área médica e de saúde ocupacional.

A Tabela 9, apresenta o modelo de planilha usado para a classificação do grau de risco, utilizando a metodologia acima especificada.

Tabela 9 – Classificação dos riscos à saúde em processos de reciclagem

Perigo	Dano Associado	Gravidade	Probabilidade	Risco
Perigo i	Dano 1			
	Dano 2			
	Dano 3			
	Dano n			
RISCO ENVOLVENDO O PERIGO (SOMA)				

A soma das médias dos graus de risco de cada perigo fornece o grau de risco total de cada sistema de reciclagem avaliado. Para cada sistema, serão considerados apenas os perigos presentes nos processos a eles inerentes.

A identificação do grau de risco gerado pelas substâncias insalubres foi determinado diretamente, de acordo com o grau de insalubridade da substância, determinada pela Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho - NR15 - MTE (1978a), que estabelece os graus de insalubridade para agentes químicos e biológicos, com base nas Convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT).

A classificação foi realizada da seguinte forma:

- a) para os agentes químicos utilizados no sistema de reciclagem que estão especificados no Quadro no. 1 do Anexo 11 da NR 15, e no Anexo 13 e Anexo 14⁶⁶, o grau de risco é definido segundo a graduação⁶⁷ abaixo:

- grau de insalubridade mínimo → **grau de risco leve (1)**

⁶⁶ Tabelas disponíveis no site <http://www.mtb.gov.br/> (não foram disponibilizadas neste trabalho porque são tabelas muito extensas).

⁶⁷ Segundo a NR 15, a insalubridade (mínima, média ou máxima) existe apenas se a concentração dos agentes do quadro 1 estiver acima dos limites especificados. No entanto, o critério adotado para estabelecer a gravidade dos possíveis danos envolvidos foi apenas a ocorrência destes agentes no sistema de reciclagem já que se trata de uma análise preliminar e seria difícil trabalhar com concentrações neste momento.

- grau de insalubridade médio → grau de risco médio (5)
 - grau de insalubridade máximo → grau de risco extremo (9)
- b) Para as poeiras minerais de asbesto, manganês e seus compostos e sílica livre cristalizada, será considerado grau de risco extremo (9)⁶⁸;

3.9 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E DE MERCADO

O objetivo desta avaliação é realizar uma análise comparativa (rápida e simplificada), dos aspectos econômicos e de mercado envolvidos com cada sistema de reciclagem tecnicamente viável, indicado pelos especialistas (Etapa 2 da metodologia), de forma a se criar uma classificação das alternativas com maiores possibilidades de sucesso no mercado.

Os aspectos considerados relevantes para esta análise foram definidos com base na discussão apresentada no capítulo Revisão Bibliográfica (item 2.8), em entrevistas com técnicos da área econômica e de mercado.

A seguir, são apresentados os aspectos adotados para esta avaliação.

Avaliação Econômica

Na análise econômica a abordagem adotada teve como foco os principais custos envolvidos em cada processo/ atividade do sistema de reciclagem:

1. Custos com investimentos iniciais

- Investimentos em P&D
- Espaço físico para as instalações
- Compras de máquinas e equipamentos

2. Custos de transporte

- Tipo de transporte (custo da tonelada transportada por quilômetro)

⁶⁸ A NR 15 considera o grau máximo de insalubridade quando as concentrações destas poeiras extrapolam limites estabelecidos.

- Distância de transporte

3. Custos operacionais

- Mão-de-obra;
- Consumo de energia e combustíveis;
- Consumo de matéria-prima;
- Consumo de água;

4. Custos ambientais

- Possibilidade de reuso do material
- Reciclabilidade dos resíduos gerados
- Tecnologia de gerenciamento dos resíduos
- Quantidade de resíduos gerados

Estes aspectos são mensurados a partir de informações (custos diretos ou indicadores dos custos) fornecidas por especialistas de cada sistema de reciclagem analisado (Etapa 2), e no final são avaliados através de uma análise hierárquica, de forma que a hierarquia fornecida indique os sistemas mais atrativos sob o aspecto econômico.

Avaliação de Mercado

Na análise de mercado foram considerados os seguintes aspectos para avaliar o potencial sucesso do produto reciclado no mercado:

1. Concorrência com outros produtos:

- Oferta de produtos concorrentes;
- Tendência de novos produtos no mercado.

2. Inovações Tecnológicas:

- Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes;
- Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas;
- Desenvolvimento tecnológico do mercado.

3. Incentivos aos produtos/ processos de reciclagem:

- Incentivos fiscais;

- Incentivos legais.

4. Demanda para o produto reciclado:

- Necessidade por produtos com as características técnicas do reciclado;
- Valorização de produtos sustentáveis pelos consumidores.

5. Aspectos do sistema produtivo:

- Interesse do gerador do resíduo no sistema de reciclagem;
- Escala produtiva do sistema de reciclagem.

Da mesma forma que os aspectos econômicos, os de mercado são mensurados a partir de informações (indicadores de mercado) fornecidas por especialistas de cada sistema de reciclagem analisado, e no final são avaliados através de uma análise hierárquica, de forma que a hierarquia fornecida indique os sistemas mais atrativos pelo enfoque do mercado.

A seguir são apresentados os critérios adotados para a análise de cada um dos fatores adotados.

3.9.1 Avaliação Econômica

A forma adotada para a mensuração dos fatores econômicos é predominantemente qualitativa, com o uso de indicadores, pois em uma análise rápida – como estabelece os princípios desta metodologia – seria complexo levantar os custos envolvidos. Apenas para alguns custos, mais facilmente estimáveis, a mensuração foi feita de forma quantitativa.

3.9.1.1 Custos com investimentos iniciais

Os custos iniciais de um empreendimento muitas vezes podem fazer com que ele nem acabe saindo do papel, devido à importância que eles representam no montante do investimento (LAZONICK e O'SULLIVAN, 1996). Nos empreendimentos que envolvem o lançamento de um produto no mercado, tais custos podem ser bem representados pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento do produto (P&D) (BELLMANN e KHARE, 2000), pela necessidade de aquisição de máquinas e

equipamentos envolvidos no processo produtivo e pela área necessária para a instalação do empreendimento (GANN e SALTER, 2000; JOHN, 2000).

Assim, para a estimativa dos custos com os investimentos iniciais no sistema de reciclagem, foram considerados os custos diretos⁶⁹ dos investimentos em P&D do material/ produto a ser produzido, os custos diretos com a compra de máquinas e equipamentos para o sistema de reciclagem e um indicador da área necessária para as instalações.

A forma de mensuração adotada foi:

- **Investimentos em P&D:** custo estimado (em US\$) considerando as necessidades para que o produto seja desenvolvido com qualidade antes de ser lançado no mercado;
- **Compras de máquinas e equipamentos:** custo estimado (em US\$) considerando as necessidades para cada processo/ atividade do sistema de reciclagem, antes da fase de utilização do produto reciclado;
- **Espaço físico para as instalações:** avaliado em função da área⁷⁰ (em m²) necessária para a implantação da planta do sistema de reciclagem avaliado, considerando os processos de armazenagem, transformação e fabricação.

3.9.1.2 Custos de Transporte

Conforme já discutido na revisão bibliográfica, as distâncias de transporte entre o gerador, local de transformação e o mercado de consumo do produto reciclado são extremamente significativos nos custos envolvidos com a reciclagem de resíduos (QUIRIJNEN, 1999; DUCHIN e LANGE, 1998).

Para analisar este aspecto utilizou--se um critério simples - baseado em ETENE (1968) - para estimar os custos de transportes. A avaliação é realizada com base nos seguintes indicadores: (a) tipo de transporte utilizado – que reflete o custo da

⁶⁹ Considera-se aqui como custos diretos aqueles que incidem diretamente sobre o item avaliado.

⁷⁰ Optou-se por não considerar o custo direto da área pois ele depende de fatores externos ao sistema de reciclagem, como a localização e a região.

tonelada transportada por quilômetro – e (b) distância de transporte, considerando os percursos: local de coleta → local de transformação, local de transformação → local de fabricação de materiais/ produtos, local de fabricação → local de consumo.

A forma de mensuração adotada foi:

- **Tipo de transporte utilizado:** especificação do tipo de transporte usado em cada percurso do sistema de reciclagem: rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo ou aéreo;
- **Distância de transporte:** o indicador é a localização dos processos de transformação e fabricação e do mercado consumidor do produto reciclado – permitindo assim que se identifique a distância de transporte relativa entre os diferentes sistemas de reciclagem analisados;

3.9.1.3 Custos Operacionais

As despesas de custeios de um sistema de reciclagem são determinantes para a sua sobrevivência, pois vão indicar se a rentabilidade do negócio será superior à de seus concorrentes (JOHN, 2000; MONETTI e PECORARO, 1994). Dentro destas despesas, os custos diretos de produção, como consumo de energia, água, matéria-prima, combustíveis e mão-de-obra, fornecem uma boa representatividade dos custos operacionais num sistema de reciclagem (MOURA, 2000; VRIJLING, 1991).

Para a estimativa destes custos - com (a) energia, (b) combustíveis⁷¹, (c) matéria-prima, (d) água e (e) mão-de-obra⁷² - decidiu-se adotar indicadores, pela dificuldade inicialmente encontrada de levantar tais custos com os especialistas, o que comprometeria a análise⁷³. Além disso, como a metodologia avalia os sistemas comparativamente, os indicadores são suficientes para uma análise relativa (Análise Hierárquica).

A forma de mensuração adotada foi:

⁷¹ Excluindo os utilizados em transporte.

⁷² Os custos destes dois dependem de fatores regionais.

- **Custos com energia, combustíveis, água e matéria-prima:** (a) especificação da forma como estes recursos são consumidos em cada atividade/ processo do sistema de reciclagem e (b) avaliação da forma de ocorrência do consumo:

Contínuo: durante todo o funcionamento do processo → **Nota = 1;**

Diário: pelo menos 1 vez por dia → **Nota = 2;**

Semanal: pelo menos 1 vez por semana → **Nota = 4;**

Consumo esporádico: menos de uma vez por semana → **Nota = 5.**

- **Mão de obra:** avaliado em função da quantidade média de trabalhadores necessária para cada processo/ atividade (produção mensal de 1 tonelada do produto reciclado num turno de 8 horas diárias), considerando os seguintes níveis:
 - Com especialização
 - Com terceiro grau
 - Com nível técnico
 - Sem escolaridade

3.9.1.4 Custos Ambientais

Quanto maior a quantidade de resíduos gerados ao final da vida-útil do material reciclado, maiores os custos de gerenciamento resultantes. Estes custos tendem a diminuir no caso de o material ser reusado (MOURA, 2000). Neste caso, o gerador do produto acaba ganhando uma receita, caso consiga vender o material ou até mesmo reusá-lo, diminuindo seus custos com matéria-prima (GARDNER e SAMPAT, 1999).

Caso o material pós vida-útil não seja reutilizado, mas possa ser reciclado, ainda assim os custos com o seu gerenciamento podem ser reduzidos, pois ele também pode ser vendido como matéria-prima para outras indústrias. No caso de o resíduo não conseguir ser reciclado ou reusado, o custo do seu gerenciamento vai depender ainda do seu grau de periculosidade e/ou da complexidade de seu tratamento

⁷³ Lembrando que uma das diretrizes da metodologia foi estabelecer um critério rápido de análise.

(TUXHILL, 1999; ALLENBY e GRAEDEL, 1998). Finalmente, a quantidade de resíduo não passível de reuso ou reciclagem também vai refletir diretamente no custo do seu gerenciamento (armazenamento, tratamento, disposição, etc.) (GARDNER e SAMPAT, 1999).

Assim, a estimativa destes custos foi realizada através dos seguintes indicadores:

Para os resíduos gerados dentro do sistema de reciclagem⁷⁴ os indicadores foram: (a) reciclabilidade dos resíduos sólidos gerados, (b) tipos de emissões, efluentes e resíduos sólidos gerados, e (c) quantidade de efluentes e resíduos gerados.

Para os resíduos gerados ao final da vida-útil dos materiais/ produtos reciclados os indicadores foram: (a) possibilidade de reuso, (b) reciclabilidade dos resíduos sólidos gerados (material não reusado), e (c) tipos de resíduos sólidos gerados.

A forma de mensuração adotada para os resíduos gerados dentro do sistema de reciclagem foi:

- **Reciclabilidade dos resíduos sólidos gerados:** avaliado em função da probabilidade de reciclagem dos resíduos, com base na complexidade da tecnologia e/ou na energia necessária para a reciclagem:
 - Nota = 1:** altíssima probabilidade de reciclagem a um custo viável
 - Nota = 3:** probabilidade média de reciclagem a um custo viável
 - Nota = 5:** reciclagem praticamente improvável a um custo viável
- **Tipo de emissões, efluentes e resíduos sólidos gerados:** identificação de cada tipo gerado.
- **Quantidades de efluentes e resíduos gerados:** porcentagem gerada destes resíduos⁷⁵ em função da tonelada de material/ produto fabricado ou de resíduo processado.

⁷⁴ Apenas para os processos que envolvam limpeza, transformação e fabricação do material/ produto.

⁷⁵ Aqui não é considerado o resíduo gerado ao final da vida útil do material reciclado.

A forma de mensuração adotada para os resíduos gerados ao final da vida-útil dos materiais/ produtos reciclados foi:

- **Possibilidade de reuso:** avaliado em função da facilidade/ probabilidade de desmontagem do material/ produto reciclado, após sua vida-útil:
 - Nota = 1:** altíssima probabilidade de desmontagem
 - Nota = 3:** probabilidade média de desmontagem
 - Nota = 5:** desmontagem praticamente improvável
- **Reciclabilidade dos resíduos sólidos gerados:** mesmo método usado para os resíduos internos ao processo.
- **Tipo de resíduos sólidos gerados:** considerando que os custos envolvidos no gerenciamento são maiores para os resíduos mais perigosos, este parâmetro foi avaliado em função da Classe do resíduo gerado, de acordo com a classificação da NBR10.004:
 - Nota = 1:** resíduo Classe III - Inerte
 - Nota = 3:** resíduo Classe II – Não Inerte
 - Nota = 5:** resíduo Classe I - Perigoso

3.9.1.5 Outros Custos

Determinados custos podem ser computados nas análises econômicas como receitas para a empresa, quando eles deixam de existir (custos de disposição do resíduo, de transporte, custos com eventuais multas por acidentes ou desrespeito à legislação, desgaste da imagem da empresa por gestão incorreta, conflitos com organizações sociais, perda de consumidores, etc.). Estes tipos de custos geralmente deixam de existir quando a forma de gerenciamento do resíduo é substituída por uma alternativa mais sustentável ou legalmente correta.

Tais custos são geralmente citados como de grande importância na avaliação da viabilidade dos sistemas de reciclagem (JOHN, 2000; LAURITZEN, 1998; HARTLEN, 1995; VRIJLING, 1991). De fato, considera-se fundamental que tais custos sejam considerados nos estudos de viabilidade financeira das alternativas de reciclagem.

No entanto, estes estudos são feitos entre o sistema de reciclagem e a forma até então utilizada para o gerenciamento do resíduo (tratamento, disposição, armazenagem, outra forma de reciclagem, etc.). Considerar tais custos nesta metodologia não faria sentido pois eles teriam o mesmo efeito (tornar-se-iam receita) para qualquer novo sistema de reciclagem analisado.

Além disso, uma análise de viabilidade econômica envolve o levantamento de dados quantitativos sobre os custos e análises mais detalhadas para serem obtidos. Isto não faz parte do escopo desta metodologia, pois iria contra uma das diretrizes estabelecidas, de adotar processos rápidos e simples de análise.

Considera-se que o melhor momento para a realização destes estudos seja após a aplicação desta metodologia - sobre os sistemas de reciclagem mais sustentáveis -, antes de serem iniciados os estudos de P&D dos materiais/ produtos reciclados.

3.9.2 Análise de Mercado

Para a mensuração dos fatores de mercado adotou-se critérios qualitativos, que serão analisados com base em informações levantadas junto aos especialistas dos sistemas de reciclagem (Etapa 2). Os indicadores adotados considerados essenciais nesta avaliação foram:

3.9.2.1 Concorrência com outros produtos

A concorrência que o material/ produto reciclado vai sofrer no mercado consumidor é um dos principais indicadores do sucesso ou fracasso do novo produto (CORSTEN e WILL, 1993). Esta concorrência pode ser caracterizada tanto pela quantidade e qualidade da concorrência, como pela expectativa de novos concorrentes serem lançados no mercado (ANDERSON, 1997; LI e DENG, 1999).

Para a análise da concorrência que o produto reciclado sofrerá no mercado consumidor foram definidos dois indicadores (a) da oferta de produtos concorrentes no mercado, (b) da tendência de novos produtos no mercado. A forma de mensuração definida foi:

- **Oferta de produtos concorrentes:** avaliada em função da quantidade de produtos concorrentes no mercado, que executam a mesma função do produto reciclado a ser produzido:
 - Nota = 1:** a concorrência é extremamente significativa
 - Nota = 2:** a concorrência é significativa
 - Nota = 5:** não existem concorrentes

- **Tendência de novos produtos no mercado:** avaliada em relação à tendência de novos produtos – com a mesma função do produto reciclado – serem lançados no mercado no curto ou médio prazo:
 - Nota = 1:** provável
 - Nota = 3:** improvável
 - Nota = 5:** altamente improvável

3.9.2.2 Inovações tecnológicas

Em muitas indústrias, a principal forma de competição é o aumento do desempenho do produto através de inovação tecnológica (FOSTER, 1985). De fato, estudos têm mostrado (ANDERSON, 1997; FRIAR, 1995; LINK, 1987) que um importante fator, senão o mais importante, para o sucesso de um novo produto é que ele apresente superioridade tecnológica em relação aos seus concorrentes. No entanto, FRIAR (1995), DOUGHERTY (1990) e LILIEN e YOON (1989) consideram que o sucesso de novos produtos é inversamente proporcional à taxa de lançamento de produtos e/ou ao nível de competição tecnológica do mercado de lançamento. Segundo FRIAR (1995), uma das razões para isso é que num mercado de contínua turbulência gerado por mudanças tecnológicas, o consumidor perde a habilidade ou o interesse em diferenciar os desempenhos ou vantagens de novos produtos.

Dessa forma, a vantagem tecnológica de um novo produto parece influenciar seu sucesso no mercado, dependendo: (a) da capacidade do consumidor em analisar e diferenciar as vantagens tecnológicas do produto e (b) do nível de concorrência tecnológica e/ou da taxa de lançamento de produtos no mercado.

Assim, os seguintes indicadores foram usados para avaliar as inovações tecnológicas

do novo produto reciclado:

- **Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes:** avaliada em função da quantidade de vantagens tecnológicas que o produto reciclado pode proporcionar, comparado com o(s) produto(s) concorrente(s) já existente(s) no mercado:

Nota = 1: vantagens inexistentes ou insignificantes

Nota = 3: vantagens significativas

Nota = 5: vantagens extremamente significativas

- **Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas:** avaliada em função do potencial de conscientização do consumidor de que o novo produto realmente possui vantagens tecnológicas sobre os concorrentes:

Nota = 1: potencial baixo (ex: consumidor não é profissional da área)

Nota = 3: potencial médio (ex: consumidor é profissional da área)

Nota = 5: potencial alto (exemplo: consumidor é outra indústria)

- **Desenvolvimento tecnológico do mercado:** avaliado em função do nível de concorrência tecnológica e/ou da taxa de lançamento de inovações no mercado:

Nota = 1: muito alto

Nota = 3: médio

Nota = 5: muito baixo

3.9.2.3 Incentivos aos produtos/ processos de reciclagem

Os incentivos aos produtos recicláveis e/ou aos sistemas de reciclagem podem trazer vantagens competitivas decisivas para o sucesso de um produto no mercado (PINTO, 2000; DUCHIN e LANGE, 1998; ZAHRA, 1994). Essas vantagens são diretamente relacionadas aos incentivos fiscais e legais (LI e DENG, 1999; VRIJLING, 1994) existentes na região do mercado consumidor ou onde o sistema de reciclagem for instalado.

A análise destes fatores é feita em função da existência de incentivos fiscais⁷⁶ e legais⁷⁷ ao produto reciclado ou ao processo de reciclagem. Os indicadores utilizados e a forma de mensuração são:

- **Incentivos fiscais/ legais⁷⁸**: avaliado em função do nível de incentivos fiscais/ legais existentes no local de instalação do processo ou na região do mercado consumidor:

Nota = 0: incentivos inexistentes

Nota = 2: existem poucos incentivos

Nota = 5: existem vários incentivos

3.9.2.4 Demanda para o produto reciclado

A demanda do mercado por um material ou produto reciclado, pode ser uma clara evidência do seu sucesso (LI e DENG, 1999). Esta demanda pode ser identificada numa carência fornecida pelos produtos já existentes no mercado (concorrentes), num "nicho" ainda inexplorado, ou ainda, no caso dos produtos reciclados, através da valorização de "produtos verdes" pelo mercado consumidor (BELLMANN e KHARE, 2000; DOUGHERTY, 1990; DWYER, 1990).

Assim, a análise da demanda do mercado foi feita em função (a) da necessidade existente no mercado, de produtos com as características técnicas que o material reciclado pode oferecer e (b) da valorização dos produtos sustentáveis pelos consumidores. A forma de mensuração definida foi:

- **Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**: avaliada em função da existência ou não da necessidade:

⁷⁶ Subsídios ou incentivos relacionados a qualquer forma de imposto (descontos, isenção, etc.) que recaia sobre o processo de reciclagem avaliado ou ao produto reciclado gerado pelo respectivo processo.

⁷⁷ Incentivos gerados por legislação que favoreçam o processo de reciclagem, como por exemplo, a obrigação de que as obras públicas utilizem uma fração de resíduos reciclados em suas obras.

⁷⁸ A avaliação será separada mas a forma de avaliação será a mesma.

Nota = 0: necessidade inexistente

Nota = 1: existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais

Nota = 5: existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

- **Valorização dos produtos sustentáveis pelos consumidores:** avaliada em função do grau de importância que os consumidores do produto a ser confeccionado atribuem aos produtos recicláveis na hora da compra:

Nota = 1: praticamente insignificante ou inexistente

Nota = 3: significativa

Nota = 5: extremamente significativa

3.9.2.5 Aspectos do sistema produtivo

Dois aspectos muito importantes relacionados ao sistema produtivo do material/ produto reciclado e que podem interferir no potencial do seu sucesso no mercado, dizem respeito (a) ao vínculo do gerador do resíduo com o sistema de reciclagem, e (b) à escala produtiva do processo de reciclagem.

O vínculo do gerador do resíduo ao sistema de reciclagem pode evitar problemas de demanda e oferta dos resíduos causada por oscilações do sistema produtivo que gera o resíduo) (FELDMANN et al., 1999), e o risco de valorização excessiva do resíduo no caso de crescimento acentuado da sua demanda (JOHN, 2000).

A forma de mensuração adotado para os dois indicadores foi:

- **Interesse do gerador do resíduo no sistema de reciclagem:** avaliada em função do grau de interesse do gerador do resíduo (indústria isolada, setor industrial, etc.), em participar do estudo, desenvolvimento e efetivação do processo de reciclagem:

Nota = 1: praticamente insignificante ou inexistente

Nota = 3: significativo

Nota = 5: extremamente significativo

- **Escala produtiva do sistema de reciclagem:** avaliada em função nível de

escala em que o produto reciclado será produzido:

Nota = 1: pequena escala – praticamente manual

Nota = 3: média escala

Nota = 5: larga escala

Capítulo 4

ESTUDOS DE CASOS

A metodologia proposta por este estudo foi aplicada para avaliar o potencial de reciclagem de dois resíduos: (1) torta de estação de tratamento de esgotos e (2) resíduos de construção e demolição - RCD.

A torta de tratamento de esgoto estudada é proveniente da estação de tratamento de esgotos de Barueri, SP, operada pela SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. A Estação (Figura 19) está localizada no município de Barueri e serve a maior parte da cidade de São Paulo e aos municípios de Jandira, Itapevi, Barueri, Carapicuíba, Osasco, Taboão da Serra e partes de Cotia e Embu (SABESP, 2003).

Já o resíduo de construção civil foi obtido da usina de reciclagem da zona leste da cidade de São Paulo, instalada no aterro de inertes de Itaquera operado pela prefeitura paulistana, conforme mostra a Figura 20.

A partir daqui a torta de tratamento de esgotos e o resíduo de construção e demolição serão denominados TEB (torta da estação de Barueri) e RCI (resíduo de construção de Itaquera), respectivamente.

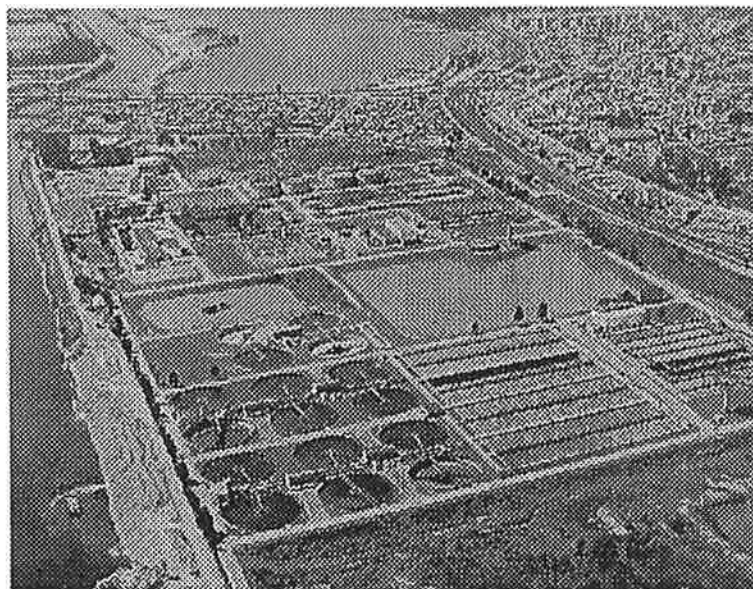


Figura 19 – Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri

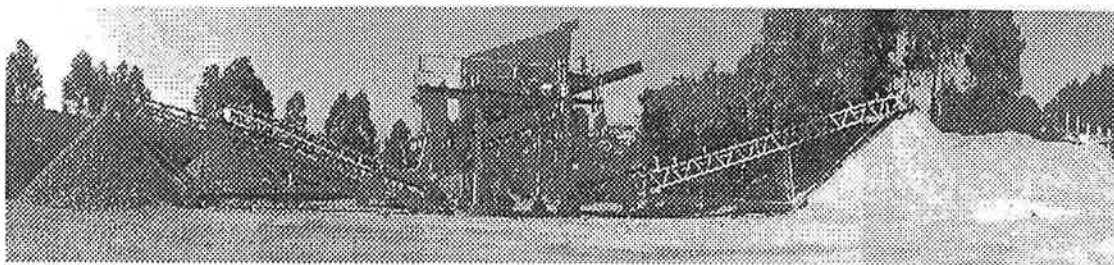


Figura 20 - Usina de Reciclagem de Itaquera

Após serem definidos os resíduos que seriam avaliados, aplicou-se passo a passo, a metodologia proposta no Capítulo 3 - Método de Trabalho, conforme apresentado a seguir.

4.1 ETAPA 1 – COLETA DE DADOS

A etapa 1 foi realizada conforme o fluxo da Figura 21.

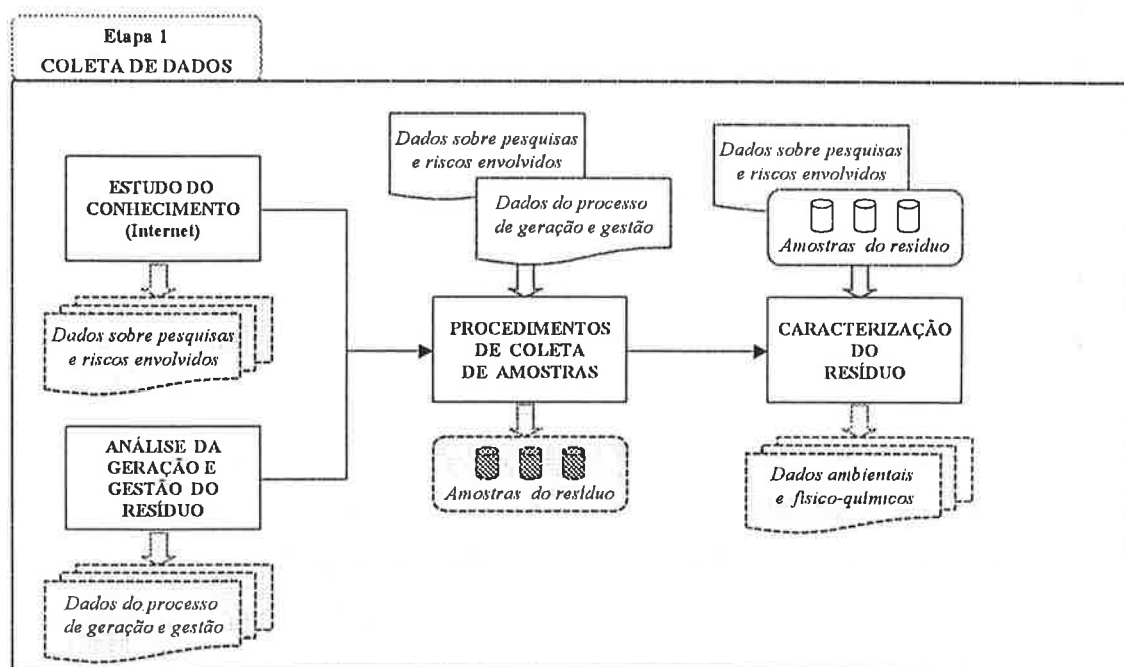


Figura 21 – Etapa 1

4.1.1 Estudo do conhecimento

Nesta atividade foi realizado um levantamento do conhecimento atual sobre cada

resíduo, as pesquisas recentes e suas principais conclusões quantos aos riscos e potenciais de reciclagem. A seguir são apresentadas as informações obtidas, consideradas relevantes para a aplicação da metodologia.

4.1.1.1 TEB

Formas de gerenciamento

Nos EUA, as formas mais comuns de gerenciamento de torta de tratamento de esgoto são os aterros ($\pm 40\%$), o uso agrícola ($\pm 30\%$), a incineração ($\pm 13\%$) e a disposição oceânica ($\pm 6\%$) (REVISTA ENGENHARIA, 1998). Na Europa, a simples disposição no solo é a prática mais utilizada em países como Alemanha, França, Grécia e Itália. Já em países como Bélgica, Espanha, Holanda, Luxemburgo, Portugal e Reino Unido, o uso na agricultura é a forma de gerenciamento mais comum (ROCHA e SHIROTA, 2001). No Japão, a maior parte é incinerada (70%) (ONAKA, 2000).

No Brasil, as poucas cidades com estações de tratamento de esgoto têm enviado seu lodo para aterros, como ocorre em São Paulo (DOS SANTOS, 2003).

Possibilidade de reciclagem

Segundo a literatura, as possibilidades de uso já avaliadas para este resíduo são: (a) agregados leves para a construção civil (MORALES, 1989; SANTOS, 1992), onde o resíduo passa por processo térmico para a geração de “*pellets*” do material num processo similar à geração da argila expandida; (b) adições na construção civil, onde a cinza do resíduo incinerado é usada como finos ou agregados miúdos na confecção de concretos e argamassa (TAY et al, 1991; MONZO et al, 2003); (c) matéria-prima para a produção de cimento (coprocessamento), onde o resíduo substitui parte da matéria-prima (argila), com isso a matéria orgânica é utilizada como fonte complementar de combustível e a parte inorgânica é incorporada ao clínquer (ONAKA, 2000) e (d) matéria-prima (e energia) para a indústria de cerâmica vermelha, onde a torta de esgoto é misturada à argila, em processos comuns de fabricação de tijolos (ETEP et al, 1998).

Riscos envolvendo a reciclagem do resíduo

Os principais fatores de risco relacionados à reciclagem do lodo de esgoto são a presença de organismos patogênicos (provenientes do esgoto sanitário) e a presença de metais pesados (provenientes dos efluentes industriais) (ROCHA e SHIROTA, 2001). Além disso, especial atenção deve ser dada aos elevados teores de enxofre presente no resíduo que, para alternativas de reciclagem que utilizem processos térmicos, pode haver a liberação de SO₂ (SPLIETHOFF e HEIN, 1998), obrigando o sistema a controlar a emissão desses gases, elevando significativamente os custos da reciclagem. O acentuado odor do material, proveniente da decomposição da matéria orgânica é um dos principais fatores que limitam a reciclagem deste resíduo quando o mesmo é utilizado “*in natura*”.

4.1.1.2 RCI

Formas de gerenciamento

O gerenciamento do RCD no Brasil ocorre de diversas maneiras. Os geradores (indústrias e construtores autônomos) geralmente contratam uma empresa coletora (caçambeiros) ou jogam seus resíduos em locais não apropriados (terrenos baldios, beira de córregos, etc.) (PINTO, 1999; ZORDAN, 1997). Os coletores, por sua vez, dispõem o material em aterros regulares ou também em locais clandestinos. Algumas empresas de construção iniciam práticas ainda tímidas de reutilizarem estes materiais no próprio local de geração (GRIGOLI, 2000; MIRANDA, 2000).

Em dezembro de 2002 o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) criou uma resolução (Resolução Conama nº 307) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Isto tende a melhorar a qualidade do RCD – pelo menos a fração gerada pelas empresas de construção civil que começam a separar na fonte as frações não minerais deste resíduo e até mesmo seus contaminantes.

As prefeituras, principalmente em pequenas cidades, costumam dispor o RCD em aterros ou locais com relevo desfavorável à urbanização (PINTO, 1999). No entanto, com a nova resolução do CONAMA, esta prática também tem seus dias contados.

Algumas cidades brasileiras (Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Vinhedo, e outras) vêm utilizando usinas de processamento de entulho (similares a de Itaquera) para britar este material e utilizá-lo em pavimentação e confecção de artefatos de concreto para obras de infra-estrutura urbanas (ZORDAN, 1998).

Em países como EUA, Holanda e Dinamarca, a reciclagem do RCD é facilitada por um maior controle e uso de tecnologias no seu processamento. O comitê 121-DRG da RILEM elaborou uma especificação de agregados reciclados de RCD que permite inclusive o uso deste resíduo para a produção de concretos (RILEM, 1994). Estudos e conclusões sobre a utilização de agregados reciclados de concreto na produção de concreto têm demonstrado boa viabilidade técnica (HANSEN, 1992; WAINWRIGHT et al, 1994). Na Holanda, a porcentagem de resíduo reciclado atinge cerca de 90% (ZWAN, 1997) e já se discute a certificação do produto (ÂNGULO et al, 2001).

Possibilidade de reciclagem

A literatura apresenta vários estudos sobre o desempenho de produtos confeccionados com RCD reciclado. A aplicação em pavimentação (BODI, 1997; KELLY e WILLIAMS, 1995), demonstra uma vulnerabilidade do resíduo em relação à sua resistência à abrasão o que limita seu uso a pavimentos menos nobres. No entanto, a prática tem demonstrado que o uso deste material como base e subbase para pavimentação apresenta excelente desempenho (PINTO, 1999). O uso do resíduo como agregado para concreto tem mostrado alguns problemas em relação à grande heterogeneidade do material, à zona de transição entre o paste de cimento e alguns tipos de materiais (como os cerâmicos), mas os resultados apresentam valores muito satisfatórios, principalmente em relação à resistência à compressão do material (ALTHEMAN, 2002; LEITE, 2001; ZORDAN, 1997). Já estudos sobre o uso de RCD como agregado para argamassas tem demonstrado a necessidade de controles sobre a fração fina do resíduo, que pode causar problemas com fissuras devido ao aumento excessivo do consumo de água (MIRANDA, 2000; LEVY e HELENE, 1997).

Os municípios brasileiros que possuem estações de processamento de entulho em funcionamento já adotaram como prática o uso deste resíduo em pavimentação e

como agregados para obras de infra-estrutura urbana (GAZETA MERCANTIL, 2001; PINTO, 1999; ZORDAN, 1997).

As especificações do uso dos agregados de RCD reciclados como bases de pavimentos estão em processo de normalização pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a partir de uma proposta de norma que foi encaminhada pela Câmara Ambiental da Construção (ANGULO et al, 2002).

Riscos envolvendo a reciclagem do resíduo

Embora este resíduo seja geralmente classificado como um resíduo não inerte – Classe II –, alguns componentes deste material podem levar algum risco ao ser humano ou ao meio ambiente, se considerarmos que alguns materiais utilizados na construção civil, como os fibrocimentos a base de amianto, tintas, materiais asfálticos e solventes (ZORDAN, 1998).

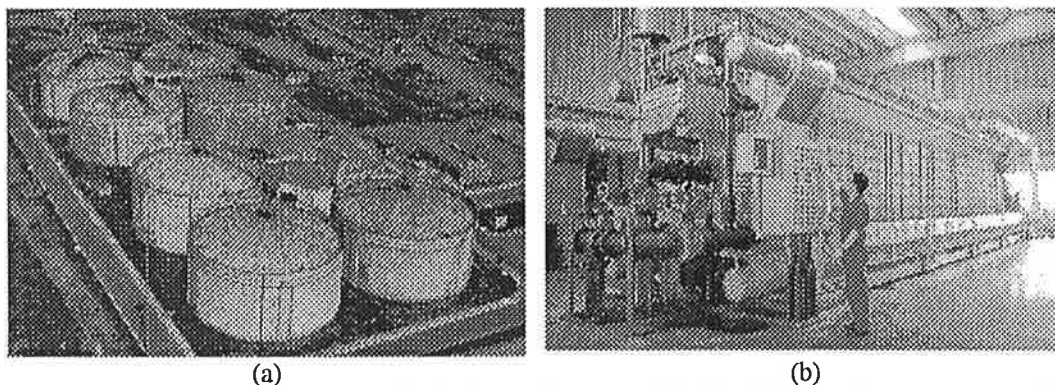
Quanto a possíveis desvantagens técnicas do uso deste material, podem ser citadas (a) a sua elevada heterogeneidade capaz de interferir no desempenho do material em determinadas aplicações, como agregados para concreto (ZORDAN, 1997), (b) a grande quantidade de finos, que para usos como agregado para a argamassa pode exigir controles na dosagem (MIRANDA, 2000), e (c) a presença de alguns contaminantes no resíduo, como o gesso e produtos betuminosos que podem comprometer o uso do resíduo em misturas com cimento Portland (PINTO, 1999; ZORDAN, 1998).

Além disso, alguns componentes minerais do RCD (como o cimento amianto e a própria sílica) podem gerar, durante a britagem e/ou moagem do material, poeiras extremamente agressivas ao ser humano (VIEIRA, 1998) riscos ou seus componentes solúveis como o próprio cimento, cales, que podem causar a contaminação do solo e de aquíferos (OLIVEIRA, 2002).

4.1.2 Análise da geração e gestão do resíduo

Nesta atividade foi realizado um levantamento de informações sobre os processos de geração e gestão dos resíduos.

Para o caso da torta de tratamento de esgoto, considerou-se que tanto a geração como o gerenciamento do resíduo são realizados na estação de tratamento e os dados foram obtidos através de uma visita à estação de tratamento de Barueri (Figura 22) e de consultas a engenheiros e técnicos responsáveis pelo local.



**Figura 22 – Detalhes da geração da torta do tratamento de esgotos de Barueri:
(a) Digestores de logo (b) Filtro Prensa.**

Para o caso do resíduo de construção e demolição estudado (processado por uma usina de reciclagem), considerou-se que a geração é feita pelas empresas de construção e consumidores formiga, e o gerenciamento é realizado pela administração pública (prefeitura municipal de São Paulo). Assim, os dados de gerenciamento foram levantados com a administração da usina de processamento de RCD de Itaquera e os dados de geração do resíduo foram obtidos com base no trabalho de AGOPYAN et al (1998) e PINTO (1999), sobre perdas na construção civil.

Os dados levantados estão nas fichas A1, A2 e B1 do Anexo J, que apresenta o dossiê dos resíduos estudados.

A ficha A1 contém dados genéricos de identificação do resíduo e seu processo de geração (itens 1, 2 e 3) e das formas de gerenciamento utilizadas, cujo objetivo era fornecer dados para uma análise de viabilidade econômica (itens 4 e 5) e identificar possíveis causas de contaminação do material (itens 6 e 7) – informações que podem orientar as formas de coleta e caracterização do material.

A ficha A2 possui dados detalhados da geração do resíduo, que foram, quando

necessário, passadas verbalmente para os especialistas durante as entrevistas (consultas). É importante lembrar que esta ficha não foi entregue aos especialistas já que ela possui informações que identificam o resíduo e uma das premissas das entrevistas era que os entrevistados não soubessem que resíduo estava sendo avaliado.

A ficha B1 possui informações genéricas sobre características físico-químicas do resíduo e foi entregue aos especialistas (diferente das outras - A1 e A2) durante as entrevistas.

4.1.3 Procedimentos de coleta

As tortas de lodo de esgoto são geradas a partir de um conjunto de processos que confere uniformidade a estes resíduos (DOS SANTOS, 2003): decantação, adensamento/ flotação, digestão e filtragem. Por este motivo, considerou-se que a coleta de amostras, neste caso, não é um aspecto crítico para a garantia de representatividade do resíduo gerado, como ocorre para resíduos heterogêneos ou polifásicos.

Mesmo assim, o procedimento de coleta foi realizado segundo as diretrizes estabelecidas na NBR 10.007/ 86 – Amostragem de Resíduos – Procedimentos. A Figura 23 apresenta um detalhe do resíduo TEB antes de ser coletado.

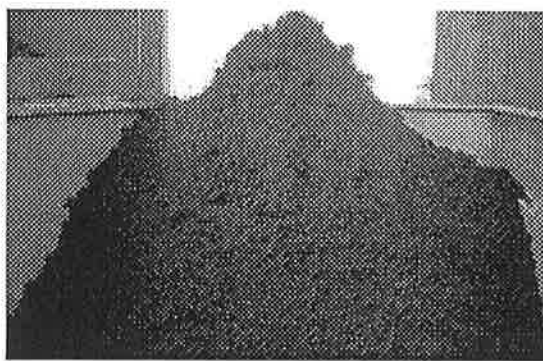


Figura 23 – Detalhe da torta do tratamento de esgoto

A coleta de amostras de RCD foi realizada utilizando-se pilhas de homogeneização do tipo alongada, procedimento muito utilizado na área de mineração, onde o

material foi coletado em intervalos regulares (2 a 3 horas) durante um período de 20 dias, e depositado ao longo de uma pilha. Mais detalhes deste procedimento podem ser obtidos em ULSEN (2002). A Figura 24 apresenta a confecção de uma pilha de homogeneização pelo processo utilizado.

A central de reciclagem de Itaquera gera dois tipos de resíduos: o resíduo tipo I de coloração cinza, considerado pela usina como de qualidade superior é gerado em menor quantidade que o resíduo tipo II, de coloração avermelhada.



Figura 24 – Pilha de homogeneização de RCD

O resíduo tipo I é predominantemente constituído por materiais de construção à base de cimento como concretos, argamassas, blocos de concreto, etc. O resíduo tipo II diferencia-se do resíduo tipo I por apresentar uma quantidade muito superior de material cerâmico.

A Figura 25 apresenta detalhes dos resíduos RCI coletados.

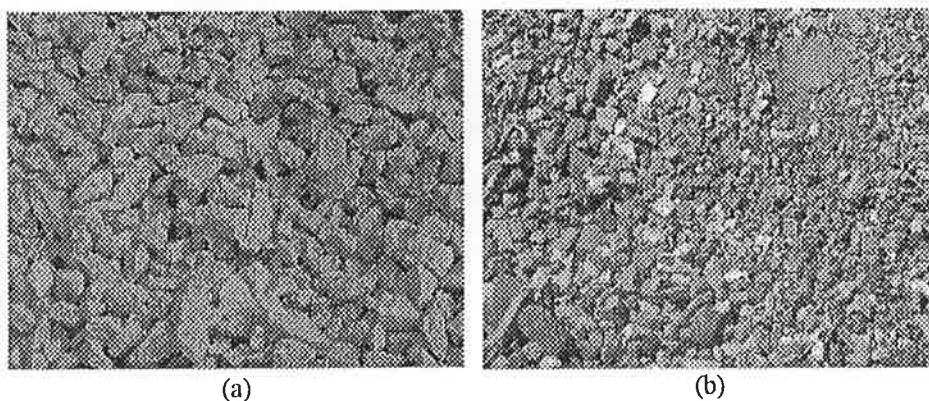


Figura 25 – Resíduos coletados na usina de reciclagem de Itaquera
(a) Resíduo Tipo I (b) Resíduo Tipo II

4.1.4 Caracterização dos resíduos

A caracterização dos resíduos foi realizada com o apoio de outras pesquisas interligadas a este trabalho, conforme mencionado no capítulo “Introdução e Justificativa”.

4.1.4.1 TEB

A caracterização do resíduo do tratamento de esgoto foi realizada através dos seguintes ensaios: massa específica e aparente, granulometria, análise química, poder calorífico, análise ambiental e análise mineralógica.

Massa específica⁷⁹

A massa específica do resíduo foi determinada conforme NBR-6458 - *Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica aparente e da absorção de água*, e os resultados apresentados foram:

$$_ \text{Massa específica} = 1.923 \text{ kg/ m}^3$$

$$_ \text{Massa específica aparente} = 1.032 \text{ kg/ m}^3$$

Teores de umidade e matéria orgânica (PF)

O teor de matéria orgânica foi determinado conforme especificação da NBR13.600 - *Solo - Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440 graus Celsius*, e o teor de umidade de acordo com a NBR6457 - *Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação* e ensaios de caracterização e os resultados apresentados foram:

$$_ \text{Teor de Umidade} = 72,27\%$$

$$_ \text{Perda ao Fogo} = 82,77\%$$

⁷⁹ Estes ensaios foram realizados no IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica. Relatório Técnico No. 58.922 – Investigação laboratorial para caracterização e determinação de propriedades geotécnicas de amostras de torta do tratamento de esgoto.

_ Teor de matéria orgânica = 10,50%

Granulometria⁷⁹

A composição granulométrica foi obtida de acordo com NBR 7181 – *Solo. Análise Granulométrica*, apresentando os resultados da Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados da análise granulométrica do resíduo TEB

DIÂMETRO (mm)	SIMILARIDADE	% EM MASSA
$0,05 \leq \phi \leq 0,4$	Areia fina	13
$0,005 \leq \phi \leq 0,05$	Silte	47
$\phi \leq 0,005$	Argila	40

Análise química

Para a determinação da composição química do material foi realizada uma análise semiquantitativa pelo método de fluorescência de Raios X. Os resultados em % de óxidos (base calcinada, normalizados a 100%) são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultado da análise química do resíduo TEB

ÓXIDOS	%	ÓXIDOS	%
Na ₂ O	0,49	CuO	0,36
MgO	1,20	ZnO	0,97
Al ₂ O ₃	13,3	Br	<<
SiO ₂	26,5	Rb ₂ O	0,01
P ₂ O ₅	10,4	SrO	0,04
SO ₃	11,5	Y ₂ O ₃	0,01
Cl	0,34	ZrO ₂	0,08
K ₂ O	1,07	Nb ₂ O ₅	<<
CaO	11,6	SnO ₂	0,11
TiO ₂	1,81	BaO	0,16
Cr ₂ O ₃	0,30	WO ₃	0,06
MnO	0,12	PbO	0,06
Fe ₂ O ₃	19,2	Umidade	72,27
NiO	0,13	P.F.	82,77

Análise Semiquantitativa sem padrões, de Flúor a Urânio.
Módulo de Cálculo = % de óxidos
<< = Traços (menor que 0,01%)

Poder calorífico

Como o resíduo é composto por uma grande parcela de material orgânico (cerca de 38% da fração sólida) foi avaliado o seu poder calorífico, de acordo com as diretrizes das normas ASTM D407-44, ASTM D271-58 e ASTM D240-57T. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Poder calorífico do resíduo TEB

PODER CALORÍFICO	Kcal/ Kg	MJ/ Kg
PCS (poder calorífico superior)	2.257,13	9,45
PCI* (poder calorífico inferior)	1.426,96	5,97
* Valor teórico Ensaio realizado a 30 atm de O ₂		

Análise Ambiental

A caracterização ambiental do resíduo foi realizado segundo a NBR 10.004 – “Resíduos Sólidos - Classificação”, que classifica os resíduos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde.

Esta classificação é baseada no resultados de ensaios de massa bruta, de lixiviação e de solubilização do resíduo que são comparados com limites estabelecidos pela referida norma.

Segundo este critério o resíduo foi classificado como Classe II – resíduo não inerte. Os resultados são apresentados na Tabela 13.

Análise microestrutural

Para a determinação da composição mineralógica deste resíduo e conseqüente avaliação dos seus compostos cristalinos, foi realizada uma análise por difratometria de raios X (DRX).

Os principais minerais encontrados foram o Quartzo, a Caulinita e a Mica, além de terem sido identificadas raiais típicas de feldspatos (Albita e Ortoclásio). O Anexo K apresenta os resultados mais detalhados dos ensaios de caracterização da torta de esgoto - TEB.

Tabela 13 – Massa bruta, lixiviação e solubilização do resíduo TEB

Parâmetro	Massa Bruta		Lixiviado		Solubilização	
	Resultado (mg/kg)	Listagem 9 (mg/kg)	Resultado (mg/L)	Listagem 7 (mg/L)	Resultado (mg/L)	Listagem 8 (mg/L)
Alumínio (Al)					0,14	0,2
Arsênio (As)	< LQ	1000	< LQ	5,0	< LQ	0,05
Bário (Ba)			1,43	100	0,04	1,0
Berílio (Be)	< LQ	100				
Cádmio (Cd)			< LQ	0,5	< LQ	0,005
Chumbo (Pb)	149,0	1000	0,08	5,0	< LQ	0,05
Cianeto (CN ⁻)	< LQ	1000			0,10	0,1
Cloreto (CL ⁻)					426,9	250
Cobre (Cu)					< LQ	1,0
Cromo Total (Cr)			< LQ	5,0	< LQ	0,05
Cromo VI (Cr ⁺⁶)	< LQ	100				
Dureza (CaCO ₃)					3.760	500
Ferro (Fe)					20,7	0,3
Fluoreto (F ⁻)			0,09	150	0,27	1,5
Índice de Fenois	4,7	10			1,18	0,001
Manganês (Mn)					0,32	0,1
Mercúrio (Hg)	< LQ	100	< LQ	0,1	< LQ	0,001
Nitrato (como N)					< LQ	10
Prata (Ag)			< LQ	5,0	< LQ	0,05
Selênio (Se)	< LQ	100	< LQ	1,0	< LQ	0,01
Sódio (Na)					32,2	200
Sulfato (SO ₄ ⁻)					19,3	400
Surfactantes					0,07	0,2
Vanádio (V)	44,3	1000				
Zinco (Zn)					1,65	5,0
Coliformes Fecais	< 0,03 NMP/ 100ml					
Salmonela	Negativa NMP/ 100ml					

LQ = Limite de quantificação

4.1.4.2 RCI

A caracterização do resíduo de construção e demolição foi realizada através dos seguintes ensaios: densidade, granulometria, análise química, análise ambiental e análise mineralógica.

A caracterização foi feita separadamente, para cada um dos 2 tipos gerados (cinza e vermelho), conforme descrito no item 4.1.3 – Procedimentos de coleta.

Densidade

Por se tratar de um material muito heterogêneo, o resíduo RCI pode ser tratado por faixas de densidades. Estas faixas foram utilizadas para caracterizar o material, dividindo-o em 3 faixas: densidade entre 1,9 g/cm³ e 2,2g/cm³ ; densidade entre 2,2 g/cm³ e 2,5g/cm³ e densidade superior a 2,5g/cm³. Para isso foi utilizada a técnica de separação por meio denso (ULSEN, 2002).

Granulometria

A composição granulométrica foi obtida de acordo com NBR 7217 - *Agregados - Determinação da composição granulométrica*, por tratar-se de um resíduo predominantemente mineral. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados da análise granulométrica do resíduo RCI

ABERTURA PENEIRA (mm)	MASSA RETIDA (%)	
	Cinza	Vermelho
50,800	5,85	5,87
38,100	6,37	4,72
25,400	10,23	10,54
19,100	8,59	6,80
12,700	12,99	9,06
9,520	7,48	5,68
4,760	12,45	11,65
2,380	8,41	9,82
1,190	6,97	8,39
0,590	6,62	9,42
0,297	5,81	7,82
0,212	2,85	3,38
0,150	1,62	2,59
Fundo	3,77	4,37

Análise química

Para a determinação da composição química do material foi realizada uma análise quantitativa pelo método de Fluorescência de Raios X, adotando-se a metodologia utilizada em estudos de minérios onde a composição é analisada para diferentes faixas granulométrica. A Tabela 15 apresenta um resumo dos resultado, com as faixas de valores obtidos.

Tabela 15 – Resumo da análise química do resíduo RCI

ÓXIDOS	VALORES ENCONTRADOS (%)	
	Cinza	Vermelho
SiO ₂	47,8 a 75,6	48,6 a 71,8
Al ₂ O ₃	7,37 a 11,1	7,57 a 13,5
Fe ₂ O ₃	2,00 a 3,56	2,52 a 4,39
MnO	< 0,10	< 0,10
MgO	0,69 a 1,77	0,75 a 1,70
CaO	5,95 a 13,5	4,88 a 10,2
Na ₂ O	0,37 a 1,56	0,27 a 1,85
K ₂ O	0,38 a 1,56	1,48 a 3,22
TiO ₂	0,32 a 0,66	0,34 a 0,83
P ₂ O ₅	< 0,18	< 0,15
SO ₃	< 0,31	< 0,27
PF	6,49 a 20,0	3,63 a 19,1

O “Dossiê do Resíduo” (Anexo J) apresenta detalhes destes resultados e também a % em óxidos para diferentes faixas de densidade do resíduo (de 1,7 a 2,5 kg/dm³).

Análise Ambiental

A caracterização ambiental do resíduo RCI também foi realizada segundo as diretrizes da NBR 10.004 – “Resíduos Sólidos Classificação”.

Nas análises efetuadas na Massa Bruta e no Extrato Lixiviado, nenhum parâmetro ultrapassou o limite fixado na Norma NBR 10.004. No entanto, o Extrato do Solubilizado (obtido de acordo com a NBR 10.006/87- Ensaio de Solubilização), apresentou os parâmetros Alumínio (Al) e Surfactantes (LAS) acima dos limites fixados pela mesma norma de classificação de resíduos, conforme mostra a Tabela 16.

Tabela 16 – Valores extrapolados no ensaio de solubilização - RCI

PARÂMETRO ANALISADO	RCI Cinza	RCI Vermelho	LIMITE - ANEXO H (Listagem 8 - NBR 10.004)
Alumínio	1,23mg/L	3,78mg/L	0,2mg/L
Surfactantes	0,75mg/L	0,74mg/L	0,20mg/L

Assim, segundo estes critérios os 2 tipos de resíduo (cinza e vermelho) foram classificados como Classe II – resíduo não inerte.

Análise microestrutural

A composição mineralógica do RCI também foi avaliada por difratometria de Raios X (DRX), sobre os seus componentes: rochas, argamassas e materiais cerâmicos⁸⁰. Os resultados são apresentados da Tabela 17 à Tabela 19, que listam os minerais presentes em cada um dos seus componentes.

Tabela 17 – Análise mineralógica do resíduo RCI – rochas

COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO ₂	Quartzo
Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albita
Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio
Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita
Muscovita	(K,Na)Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Muscovita
Magnesiornblenda	Ca ₂ (Mg,Fe ⁺²) ₄ Al(Si ₇ Al)O ₂₂ (OH,F) ₂ AlSi ₂ O ₅ (OH) ₄	Magnesiornblenda
Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Caulinita
Antigorita	(Mg _{4,5} Al _{1,5})(Si _{2,5} Al _{1,5})O ₁₀ (OH) ₈	Antigorita

Tabela 18 – Análise mineralógica do resíduo RCI – cerâmicos

NOME DO COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO ₂	Quartzo
Hematita	Fe ₂ O ₃	Hematita
Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio
Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita
Muscovita	(K,Na)Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Muscovita

O Anexo L apresenta detalhes dos resultados dos ensaios de cada um destes parâmetros analisados.

⁸⁰ Embora estes componentes representem mais de 95% da composição do resíduo, é importante que nos estudos de P&D, toda fração do resíduo seja caracterizada, inclusive a fração inferior a 0,15mm que representa cerca de 4% do material.

Tabela 19 – Análise mineralógica do resíduo RCI – argamassas

NOME DO COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO ₂	Quartzo
Calcita	CaCO ₃	Calcita
Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albita
Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio
Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita
Paraalumohidrocalcita	CaAl ₂ (CO ₃) ₂ (OH) ₄ ·16H ₂ O	Paraalumohidrocalcita

4.1.5 Geração do “Dossiê do Resíduo”

Todos os resultados obtidos nesta etapa da metodologia (Coleta de dados) foram reunidos e geraram um dossiê para cada um dos resíduos estudados. O Anexo J mostra estes dossiês que foram utilizados para apresentar aos especialistas as informações da caracterização de cada resíduo.

4.2 ETAPA 2 – CONSULTA À ESPECIALISTAS

Nesta etapa foram realizadas entrevistas com especialistas de diversas áreas com o objetivo de se avaliar o potencial interesse do setor em reciclar os resíduos estudados.

Os setores entrevistados foram escolhidos aleatoriamente – de forma a deixar o processo menos tendencioso possível –, considerando a disponibilidade dos entrevistados e a facilidade do contato, uma vez que o tempo e os recursos disponíveis para o deslocamento eram limitados.

No total foram contatados 11 especialistas, e apenas 8 deles foram entrevistados pois nem todos tiveram disponibilidade para participar da consulta. Os setores dos especialistas entrevistados e as suas áreas de atuação são apresentados na Tabela 20. A identificação dos especialistas está apresentada no Anexo B.

Tabela 20 – Setores e áreas dos especialistas consultados

SETOR	ÁREA
Construção	Aglomerantes, agregados, concretos e argamassas
Pavimentação	Materiais para pavimentação
Indústria cerâmica	Materiais cerâmicos
Mineração	Caracterização tecnológica de recursos minerais
Indústria metalúrgica	Metalurgia
Indústria Cimenteira	Produção de clínquer e co-processamento

Esta etapa foi planejada conforme o fluxo apresentado na Figura 26.

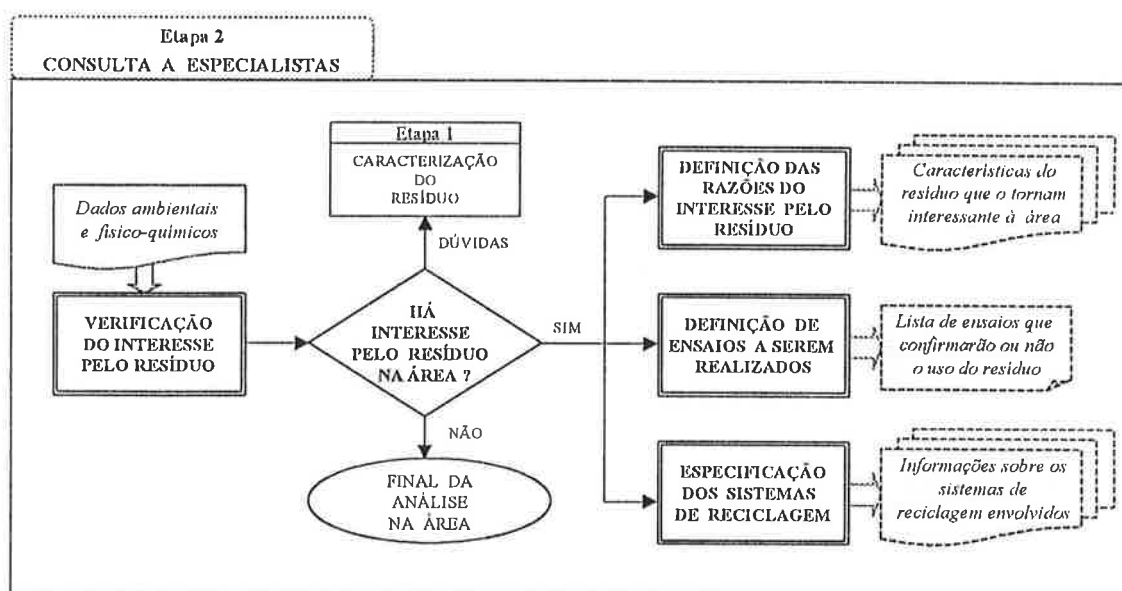


Figura 26 – Etapa 2

O planejamento inicial previa que as seguintes informações seriam levantadas junto aos especialistas:

- **Verificação do interesse pelo resíduo na área:** contemplando as aplicações potenciais para o resíduo, a porcentagem de aproveitamento do resíduo e a fração de interesse, para cada aplicação possível;
- **Definição das razões do interesse pelo resíduo:** considerando as características e propriedades do resíduo que o tornam interessante à área;

- **Ensaio adicionais a serem desenvolvidos:** os ensaios a serem realizados para se comprovar o uso do resíduo na área;
- **Especificação do sistemas de reciclagem:** contemplando os processos industriais necessários para a implementação do sistema de reciclagem e indicadores ambientais, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado referentes a cada um destes processos.

Estas informações seriam registradas em fichas elaboradas conforme apresentado no Anexo M.

No entanto, dois pontos exigiram uma revisão desta abordagem logo na primeira entrevista. O primeiro foi a indicação pelo especialista de que a comprovação do uso do resíduo na sua área não poderia ser feita numa avaliação inicial (como o contexto desta metodologia), mas sim em análises detalhadas na fase de P&D do produto reciclado⁸¹. De acordo com os especialistas, neste momento apenas o uso potencial poderia ser realmente avaliado e para isso, a caracterização utilizada dos resíduos mostrou-se suficiente para a maioria das áreas, com exceção da entrevista com o especialista em pavimentação.

Para esta área a caracterização inicial não foi suficiente, pois o comportamento mecânico do resíduo, como curva de compactação, resistência CBR e expansibilidade em água, são fundamentais para se prever qualquer potencial de uso em pavimentação.

Portanto, para a atividade “Definição dos ensaios a serem realizados” indicada na Figura 26 foram levantados com os especialistas, os ensaios que devem ser realizados nos estudos de P&D do material. Estes ensaios é que comprovarão ou não a possibilidade de uso do resíduo na área.

Para o caso do especialista da área de pavimentação, além de tais ensaios, foram indicados também os que deveriam ser feitos ainda nesta fase do estudo, pois apenas

⁸¹ Havia indício de que isso iria se repetir nas outras entrevistas, que se comprovou no final, havendo consenso entre os especialistas quanto a esta questão.

após a análise destes resultados o especialista poderia dar um parecer sobre o potencial de utilização do resíduo na sua área.

Os ensaios propostos pelos especialistas estão apresentados no Anexo N na ficha “Interesse pelo Resíduo”, sob o título “Ensaio Adicionais a serem desenvolvidos”.

O segundo ponto foi a impossibilidade dos especialistas definirem quais seriam os processos industriais necessários para implantar o sistema de reciclagem, pois neste momento do estudo – apenas com os resultados da caracterização dos resíduos – ainda não era possível precisar quais as mudanças, tratamentos ou controles que o resíduo iria exigir, visto que, o leque de possibilidades de problemas ou dificuldades que os resíduos poderiam apresentar ainda era muito amplo. Isso, segundo consenso entre os especialistas entrevistados, só seria possível estabelecer, após os estudos de P&D onde resultados de desempenho do material permitiriam esta definição⁸².

Dessa forma, a maneira de conduzir as entrevistas, foi alterada e deixou de basear-se nos processos necessários à implantação do sistema de reciclagem (que ainda não podiam ser previstos) e passou a focar os pontos negativos e positivos do resíduo, conhecidos até o momento. Com isso, o conjunto de informações a serem obtidas nas entrevistas e as fichas para registrá-las, também sofreram mudanças.

Outro ponto importante detectado durante as entrevistas e que gerou necessidade de adaptações na compilação das informações levantadas, foi o fato de alguns especialistas possuírem uma visão mais genérica sobre reciclagem, com uma abordagem mais voltada à diferentes mercados e não necessariamente focados em um sistema em particular. Eles conseguem visualizar potencialidades de mercados (analisando ainda a área de tecnologia) mas nem sempre possuem informações específicas sobre os processos industriais e sobre o comportamento do mercado e necessidades econômicas específicas a um ou outro sistema.

Portanto, para estes casos (como os especialistas A e G consultados – Anexo N) os resultados das entrevistas foram utilizados para direcionar novas áreas e especialistas

⁸² Isso também foi detectado na primeira entrevista e confirmado nas entrevistas seguintes.

a serem entrevistados. Para esse tipo de especialista também foi utilizada uma ficha diferenciada.

A seguir são apresentados os pontos avaliados nas entrevistas e, de forma sintetizada, os resultados obtidos junto aos especialistas, conforme registrados no Anexo N, já com as alterações comentadas acima.

4.2.1 Verificação do Interesse pelo resíduo

Neste ponto, os especialistas foram questionados quanto ao potencial do resíduo ser utilizado na sua área como um produto reciclado, com base nos resultados da caracterização físico-química do material.

É importante lembrar que não foram revelados aos especialistas quais eram os resíduos caracterizados. Isto foi feito com o objetivo de evitar que o resultado fosse influenciado por as alternativas de gerenciamento já conhecidas e utilizadas no mercado para os resíduos analisados.

Os resultados deste levantamento estão apresentados no Anexo N na ficha “Interesse pelo resíduo”, sob o título “Usos Possíveis na área”. Uma síntese dos resultados é apresentada a seguir.

Para o resíduo TEB, as seguintes possibilidades de reciclagem foram identificadas:

CIMENTO (TEB I): Co-processamento em fornos de cimento;

ADIÇÃO (TEB II): Adição das cinzas para argamassas e concretos (após queima da matéria orgânica);

CERÂMICA VERMELHA (TEB III): Matéria-prima para cerâmica vermelha.

Além destas alternativas ainda foram citadas outras duas pelos especialistas. A primeira é a possibilidade de uso do resíduo como agregado leve para concretos (após sinterização), devido a presença de matéria orgânica (queima) e a grande quantidade de sílica e cálcio. Como pontos negativos nesta aplicação haveria o grande teor de enxofre presente no resíduo que causaria problemas de emissão de SO₂. A segunda seria o uso do material para a recuperação de solos degradados como

em minerações e em obras de terraplanagem. No entanto estas duas alternativas não foram avaliadas por falta de disponibilidade de especialistas destas áreas no período disponível para os estudos de casos.

Para o resíduo RCI as possibilidades de reciclagem identificadas foram:

CIMENTO (RCI I): Co-processamento em fornos de cimento;

CERÂMICA VERMELHA (RCI II): Matéria-prima para cerâmica vermelha;

CERÂMICA BRANCA (RCI III): Matéria-prima para cerâmica de revestimento ou cerâmica branca;

AGREGADOS (RCI IV): Agregado para argamassas e concretos;

PAVIMENTAÇÃO⁸³ (RCI V): Base para pavimentação (baixo volume de tráfego) e cascalhamento de vias de terra.

A alternativa 5 (Pavimentação) foi indicada apenas após a apresentação dos resultados dos ensaios adicionais (conforme item 4.2.3 apresentado a seguir) ao especialista da área, numa segunda entrevista realizada⁸⁴.

Após o final das entrevistas as identidades dos resíduos foram reveladas aos especialistas. Neste momento foi surpreendente a forma como alguns deles reavaliaram suas declarações de interesse pelos resíduos, citando possíveis problemas que, segundo a literatura, poderiam ocorrer, quase numa tentativa de “voltar atrás” em suas análises sobre o potencial de reciclagem, indicando provavelmente um forte preconceito e tendenciosidade em adotar alternativas já praticadas pelo mercado.

4.2.2 Definição das razões do interesse pelo resíduo

Neste ponto, os especialistas foram consultados sobre os motivos pelos quais os resíduos poderiam ser usados na área de sua especialidade, para cada um dos usos

⁸³ Esta aplicação foi definida como potencial apenas após os ensaios extras terem sido desenvolvidos e uma nova entrevista ter sido realizada com o especialista da área.

⁸⁴ Esta Segunda entrevista foi realizada apenas com este especialista em virtude dos ensaios adicionais solicitados.

citados como potenciais.

Os resultados desta atividade estão apresentados no Anexo N, na ficha “Análise Técnica”, sob o título “Pontos Positivos” e “Pontos Negativos”⁸⁵ ou “Considerações” para o caso das fichas dos especialistas A e G.

A Tabela 21 e a Tabela 22 apresentam uma síntese das principais características positivas e negativas dos resíduos estudados para cada aplicação, de acordo com as informações dos especialistas.

Tabela 21 – Pontos positivos e negativos na reciclagem do TEB

APLICAÇÃO	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
TEB I - CIMENTO Matéria-prima e energia para produção de cimento (co-processamento)	<ul style="list-style-type: none"> _ Presença de alumínio, sílica e ferro _ Presença de matéria orgânica 	<ul style="list-style-type: none"> _ Quantidade elevada de água _ Quantidade elevada de enxofre e álcali _ Poder calorífico baixo
TEB II - ADIÇÃO Adição das cinzas para a confecção de argamassas e concretos	<ul style="list-style-type: none"> _ Grande quantidade de sílica e cálcio _ Granulometria apropriada (finos) 	<ul style="list-style-type: none"> _ Grande quantidade de matéria orgânica _ Cheiro desagradável do resíduo
TEB III - CERÂMICA VERMELHA Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha	<ul style="list-style-type: none"> _ Presença de cálcio, sílica e alumínio _ Presença de matéria orgânica (fornece plasticidade à mistura) 	<ul style="list-style-type: none"> _ Grande quantidade de enxofre _ Grande quantidade de água _ Odor exalado pelo resíduo _ Presença de fósforo _ Presença de cromo

Tabela 22 – Pontos positivos e negativos na reciclagem do RCI

APLICAÇÃO	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
RCI I - CIMENTO Matéria-prima para produção de cimento (co-processamento)	<ul style="list-style-type: none"> _ Presença de sílica, alumínio e ferro 	<ul style="list-style-type: none"> _ Granulometria elevada _ Presença de enxofre _ Alto teor de álcali

⁸⁵ Como o objetivo desta atividade é possibilitar a construção de um banco de dados com requisitos para cada tipo de aplicação (ver capítulo Método de Trabalho), as características negativas dos resíduos para cada aplicação também é importante.

		_ Baixo teor de cálcio
RCI II - CERÂMICA VERMELHA Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha	_ Alto teor de ferro e sílica	_ Granulometria elevada _ Material pouco plástico (não poderia ser usado sozinho)
RCI III - CERÂMICA BRANCA Matéria-prima para produção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca	_ Alto teor de cálcio e sílica _ Presença de quartzo, feldspato e argila	_ Granulometria elevada _ Material pouco plástico (não poderia ser usado sozinho)
RCI IV - AGREGADOS Agregado para confecção de argamassas e concretos	_ Alto teor de cálcio e sílica _ Forma granular _ Distribuição granulométrica apropriada	_ Presença de superfície lisa
RCI V - PAVIMENTAÇÃO Base para pavimentação (baixo volume de tráfego) e cascalhamento de vias de terra	_ Material granular _ Boa distribuição granulométrica _ Possui ponto ótimo de compactação _ Bom resultado de CBR	_ Ainda desconhecidos (necessários mais dados de P&D)

A metodologia não prevê nenhuma avaliação sobre os pontos positivos e negativos das análises técnicas. Deste modo, desde que o especialista considere como possível o uso do resíduo na sua área, este parecer não é questionado pela metodologia e não cabe utilizar estas informações para hierarquizar as alternativas partindo do princípio de que todos os pontos negativos possam ser tecnicamente contornados e os positivos não são comparáveis entre aplicações distintas.

4.2.3 Ensaios adicionais a serem realizados

O objetivo inicial deste levantamento era identificar ensaios rápidos a serem realizados para se comprovar o uso potencial do resíduo, mas não ensaios de desempenho ou outros mais detalhados geralmente realizados em P&D.

Os ensaios indicados para a área de pavimentação (apenas ao resíduo de construção e demolição pois o resíduo TEB já apresentou desinteresse logo na primeira entrevista) foram: (a) curva de compactação, (a) resistência CBR e (c) expansibilidade em

presença de água. Eles foram realizados depois de solicitados pelo especialista⁸⁶.

Curva de compactação

O ensaio de compactação foi realizado de acordo com a DNER ME129/94, que fixa o módulo pelo qual se determina a correlação entre o teor de umidade de solo e sua massa específica aparente, quando a fração de solo que passa na peneira de 19mm é compactada.

O resíduo foi compactado em 5 graus de umidade: 10, 12, 15 e 17% (umidade teórica) e o resultado obtido é apresentado na Figura 27.

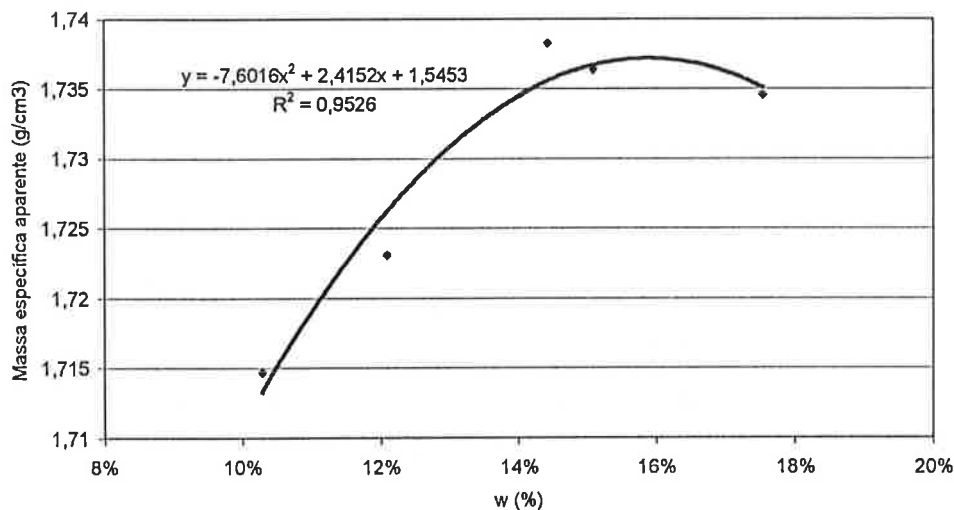


Figura 27 – Curva de compactação para o RCI

Após a compactação, foi determinada a granulometria de cada fração compactada do resíduo (para os diferentes teores de umidade), para verificar quanto o mesmo havia sido moído durante o processo. O resultado é apresentado na Figura 28.

⁸⁶ Foi criada uma única amostra unindo os dois tipos de resíduos RCD (cinza + vermelho) a partir do processo de homogeneização de leiras.

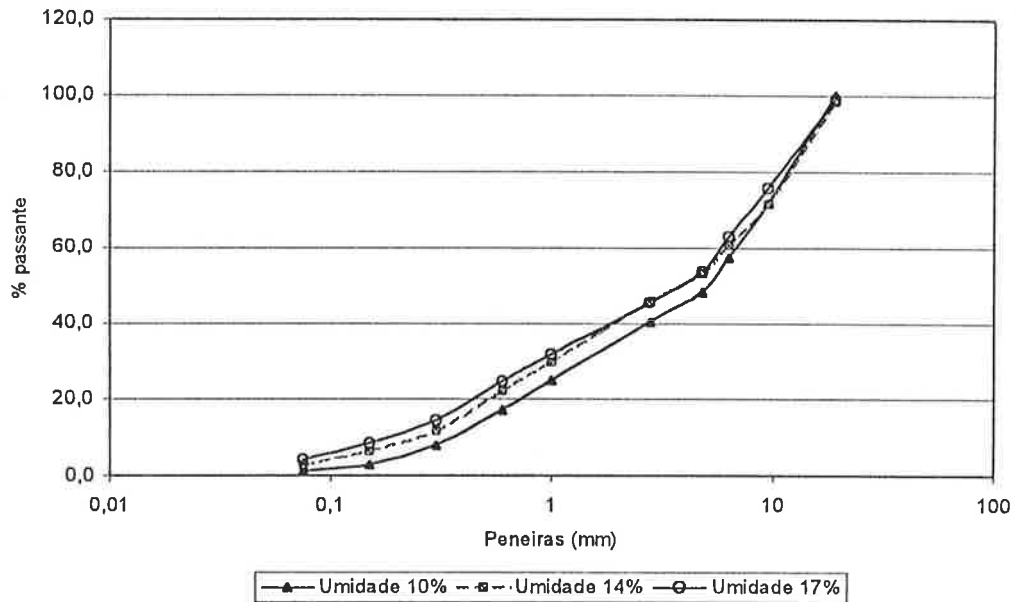


Figura 28 – Curvas granulométricas do resíduo compactado

Embora a curva de partida seja desconhecida⁸⁷, o gráfico deixa muito claro que existe uma tendência do material ser moído quanto maior a quantidade de água usada na compactação – uma relação lógica que indica que o material fica mais frágil quanto mais úmido ele se encontra.

A variação de aumento da granulometria admitida para os materiais convencionais é de $\pm 1\%$. Os resultados mostram que o resíduo teve uma variação de cerca de 2%, o que não é muito alta por se tratar de um resíduo com alguns constituintes bem frágeis.

No entanto, o importante é que seja avaliado como este material se comporta com a continuação do carregamento, ou seja, com a simulação de tráfego ele continua a ser quebrado ou estabiliza ao atingir um determinado índice de vazios.

A partir da umidade ótima de compactação (teórica de 16%) foi avaliada a resistência CBR do resíduo, segundo as diretrizes da DNER ME049/94 – Solos. Determinação

⁸⁷ Em virtude da heterogeneidade do resíduo, a curva original do resíduo não compactado não foi apresentada pela dificuldade em se conseguir uma mesma curva para diferentes amostras analisadas.

do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. A Figura 29 apresenta o resultado obtido.

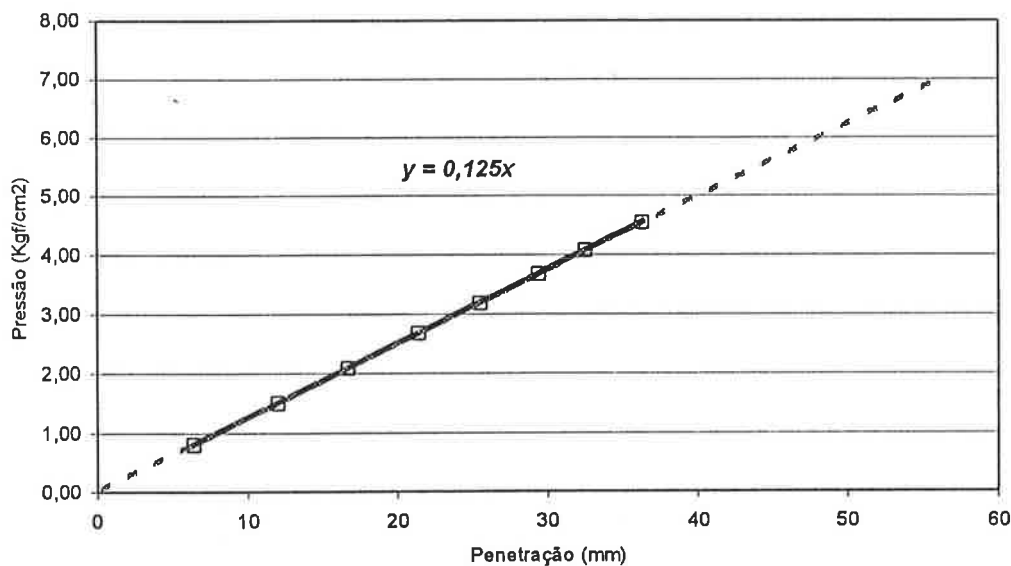


Figura 29 – Resistência CBR

O material não apresentou nenhuma expansão em presença de água e os resultado de resistência $CBR_{2,54}$ obtido foi de 45 %, um resultado considerado muito bom resultado segundo o especialista da área.

A partir destes resultados o especialista avaliou a possibilidade de utilização do resíduo em sua área.

4.2.4 Especificação dos sistemas de reciclagem

Este item previa a determinação, junto aos especialistas, dos processos industriais necessários para a instalação do sistema de reciclagem, para cada uma das aplicações potenciais. Além disso, pretendia-se identificar indicadores econômicos, ambientais e de saúde ocupacional relacionados a cada um destes processos e indicadores do mercado da aplicação potencial.

No entanto, como já foi dito, verificou-se que nesta etapa da pesquisa da reciclagem ainda não é possível determinar com precisão todos os processos que serão ou não

necessários para todo o sistema de reciclagem. Por esta razão, os indicadores que estavam associados aos processos (econômicos, ambientais e de saúde ocupacional) foram levantados com base nas mudanças que a reciclagem implicaria na produção do produto convencional⁸⁸ e/ou em pontos positivos ou negativos da adoção da alternativa. Apenas o levantamento dos indicadores de mercado não sofreu alteração quanto à forma original que havia sido prevista.

Esta dificuldade foi detectada na primeira entrevista e nas entrevistas seguintes o novo critério já foi adotado após constatar-se, em cada uma delas, que a dificuldade encontrada na primeira entrevista (com o critério de identificar os processos) se repetia.

Os resultados deste levantamento de dados econômicos, ambientais, de saúde ocupacional e de mercado, de cada alternativa de reciclagem indicada pelos especialistas, estão apresentados no Anexo N, nas fichas “Análise Econômica”, “Análise Ambiental”, “Análise Ocupacional” e “Análise de Mercado”, respectivamente.

Estes dados (indicadores e pontos positivos e negativos) foram utilizados para a etapa seguinte da metodologia: “Avaliação dos Sistemas de Reciclagem”.

4.3 ETAPA 3 – AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECICLAGEM

Nesta etapa os sistemas de reciclagem indicados pelos especialistas foram avaliados sob o ponto de vista ambiental, ocupacional, econômico e de mercado, conforme apresenta a Figura 30 – Etapa 3.

⁸⁸ Por exemplo, se a reciclagem do resíduo na indústria cerâmica necessitasse uma lavagem prévia do mesmo antes do seu uso, esse processo de lavagem seria avaliado em relação a aspectos econômicos, ambientais e de saúde ocupacional.

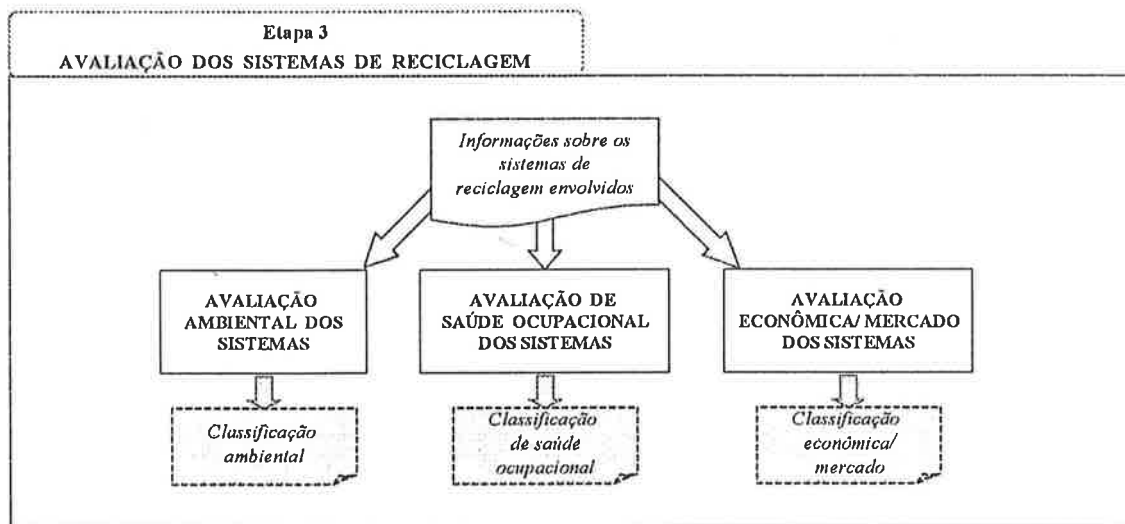


Figura 30 – Etapa 3

4.3.1 Avaliação ambiental

A avaliação ambiental dos sistemas de reciclagem foi realizada conforme definido no capítulo “Método de Trabalho”, no item “Mensuração do desempenho ambiental”.

Em virtude das mudanças realizadas no decorrer das entrevistas, a maneira prevista para a mensuração do potencial de ocorrência do aspecto (especificada no capítulo “Método de Trabalho”) foi substituída pelo seguinte critério, baseado no aumento, diminuição ou manutenção do aspecto ambiental gerado pelo processo antes da reciclagem:

- Aspecto diminui muito → -5
- Aspecto diminui → -3
- Aspecto permanece praticamente a mesma → 0
- Aspecto aumenta → 3
- Aspecto aumenta muito → 5

Esta mensuração dos aspectos para cada sistema de reciclagem foi avaliada de acordo com informações fornecidas pelos especialistas, conforme apresentado no Anexo N, na ficha “Análise Ambiental” e resumida na Tabela 23 e na Tabela 24.

Tabela 23 – Ocorrência dos aspectos nos sistemas de reciclagem analisados – TEB

SITEMA DE RECICLAGEM (APLICAÇÃO)	MUDANÇA NO PROCESSO	MENSURAÇÃO
TEB I – CIMENTO	Consumo de energia	+5
	Consumo de matéria-prima	-3
	Geração de emissões	+3
	Geração de efluentes	+5
TEB II – ADIÇÃO	Consumo de energia	+3
	Consumo de matéria-prima	-3
	Consumo de combustível	-3
TEB III – CERÂMICA VERMELHA	Consumo de água	-3
	Consumo de energia	+3
	Consumo de combustível	-3
	Consumo de matéria-prima	-3
	Geração emissões	+4 (média)
	Geração efluentes	+3

Tabela 24 – Ocorrência dos aspectos nos sistemas de reciclagem analisados - RCI

SITEMA DE RECICLAGEM (APLICAÇÃO)	MUDANÇA NO PROCESSO	MENSURAÇÃO
RCI I - CIMENTO	Consumo de energia	+5
	Consumo de matéria-prima	-3
	Geração de emissões	+3
RCI II - CERÂMICA VERMELHA	Consumo de energia	+5
	Consumo de matéria-prima	-3
	Geração de emissões	+3
RCI III - CERÂMICA BRANCA	Consumo de energia	+5
	Consumo de combustível	-5
	Consumo de matéria-prima	-3
RCI IV – AGREGADO	Geração de emissões	-3
	Consumo de água	+3
	Consumo de energia	+3
	Consumo de combustível	-3
	Consumo de matéria-prima	-5
RCI V – PAVIMENTAÇÃO	Geração de emissões	-3
	Consumo de água	+3
	Consumo de combustível	-5
	Geração de emissões	-5

O grau de significância dos aspectos (representados pela coluna “Mudanças no

processo”) determinado conforme especificado no capítulo “Método de Trabalho”, foi avaliado com o auxílio de profissionais de diversas áreas (Anexo G). O resultado final da significância de cada aspecto é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Significância dos aspectos ambientais

ASPECTOS	ESPECIALISTAS						Mediana
	AI 1	AI 2	AI 3	AI 4	AI 5	AI 6	
Consumo de água	7,8	7,6	7,6	7,6	5,8	7,6	7,6
Consumo de matéria-prima	8,4	7,8	7,6	7,2	8,2	7,8	7,8
Consumo de combustíveis	9,4	9,0	9,2	8,4	7,2	9,4	9,1
Consumo de energia	8,4	8,6	9,2	8,4	7,4	9,2	8,5
Geração de efluentes "A"	6,2	6,8	6,8	7,0	5,6	5,8	6,5
Geração de efluentes "B"	6,6	8,2	8,4	7,4	6,0	8,2	7,8
Geração de efluentes "C"	8,4	8,6	9,6	8,6	7,4	9,6	8,6
Geração de emissões	7,4	8,8	8,0	8,8	7,8	9,6	8,4
Geração de resíduos Classe I	7,0	8,2	8,2	8,2	8,2	10,2	8,2
Geração de resíduos Classe II	6,0	7,2	7,0	7,6	6,8	7,8	7,1
Geração de resíduos Classe III	6,0	6,8	6,2	6,2	5,2	6,2	6,2
Geração de ruídos	5,8	7,3	7,0	7,3	6,3	8,0	7,1
Contaminantes lixiviados	9,0	8,2	8,0	8,0	9,0	9,2	8,6

De acordo com a o item 3.7.5 (Mensuração do Desempenho Ambiental) o desempenho ambiental (DA) de cada sistema é expresso pela somatória do produto do potencial de ocorrência do impacto (PO) pela significância do impacto (SI), ou seja, $DA = \sum [PO \times SI]$. Este critério foi aplicado para todos os aspectos de cada um dos sistemas de reciclagem/ aplicação indicados pelos especialistas como potencialmente viáveis, conforme mostrado no Anexo O. A Tabela 26 e a Tabela 27 apresentam o resultado final para cada resíduo estudado.

Tabela 26 – Hierarquia dos sistemas de reciclagem - Classificação ambiental - TEB

SISTEMA DE RECICLAGEM	Desempenho	Desempenho relativo
TEB II – ADIÇÃO	-25,2	1
TEB III – CERÂMICA VERMELHA	9,0	35,2
TEB I – CIMENTO	83,3	109,5

Tabela 27 – Hierarquia dos sistemas de reciclagem - Classificação ambiental - RCI

SISTEMA DE RECICLAGEM	Desempenho	Desempenho relativo
RCI V – PAVIMENTAÇÃO	-53,1	1
RCI IV – AGREGADO	-43,2	10,9
RCI III – CERÂMICA BRANCA	-30,3	23,8
RCI I – CIMENTO	44,3	98,4
RCI II – CERÂMICA VERMELHA	44,3	98,4

4.3.2 Avaliação de saúde ocupacional

A avaliação de saúde ocupacional dos sistemas de reciclagem foi realizada de acordo com o definido no Capítulo 3 - “Método de Trabalho” no item 3.8.2.3 “Determinação do grau de risco”.

O grau de risco dos sistemas de reciclagem foi determinado com o auxílio de profissionais das áreas médica, biológica e de saúde pública, que avaliaram a probabilidade e a gravidade dos danos serem gerados por cada um dos perigos (conforme Anexo I). O cálculo da significância de cada perigo (Risco Total do Perigo), com base nas classificações dos especialistas (APRs) foi realizado conforme o exemplo da Tabela 28.

Tabela 28 – Exemplo do cálculo do risco para ruídos para o especialista APR1

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano	Risco	Risco Total do Perigo
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	3	3	9	
	Perturbação do sistema nervoso	2	1	2	
	Estresse/ irritabilidade	2	1	2	
TOTAL				13	4,3

O resultado final da significância de cada perigo com base na classificação de especialistas (Anexo I) é apresentado na Tabela 29.

Tabela 29 – Riscos envolvidos com os perigos

PERIGOS	ESPECIALISTAS								Mediana
	APR 1	APR 2	APR 3	APR 4	APR 5	APR 6	APR 7	APR 8	
Ruídos	4,3	4,3	5,0	5,0	4,3	5,3	5,3	4,0	4,7
Vibrações	3,3	3,3	3,3	2,7	2,3	3,7	4,0	1,7	3,3
Frio	2,0	3,7	3,0	4,3	3,7	3,3	3,7	2,3	3,5
Calor	5,0	4,0	3,3	4,0	3,0	4,3	4,3	4,7	4,2
Esforço físico intenso	4,3	3,7	3,7	3,0	3,3	3,7	4,0	2,3	3,7
Radiações não ionizantes ⁸⁹	4,0	5,3	5,3	5,3	4,7	6,3	4,7	8,0	5,3
Radiações ionizantes corpusculares ⁹⁰	4,0	6,3	7,0	5,3	5,3	7,0	7,0	4,3	5,8
Radiações ionizantes eletromagnéticas ⁹¹	4,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	6,0	2,7	6,0
Substâncias explosivas e inflamáveis	6,7	4,3	4,7	5,0	3,7	7,0	4,7	7,3	4,8

A partir dos perigos identificados em cada uma dos sistemas de reciclagem (Especificação dos sistemas de reciclagem) determinou-se o risco total de cada sistema, conforme a Tabela 30 e a Tabela 31.

Tabela 30 – Riscos de saúde dos sistemas de reciclagem - TEB

SISTEMA DE RECICLAGEM	PROCESSO	PERIGO	RISCO	RISCO DO SISTEMA
TEB I – CIMENTO	Secagem do lodo	Calor	4,2	4,2
TEB II – ADIÇÃO	Queima	Calor	4,2	12,2
		Ruído	4,7	
	Moagem	Vibração	3,3	
TEB III – CERÂMICA VERMELHA	Secagem do lodo	Calor	4,2	4,2

Segundo os critérios utilizados, os sistemas de reciclagem do resíduo TEB apresentaram a seguinte hierarquia quanto aos riscos de saúde ocupacional: num

⁸⁹ Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas.

⁹⁰ Raios α e Raios β

mesmo patamar, como os mesmos riscos ficaram os sistemas CIMENTO (TEB I) e CERÂMICA VERMELHA (TEB II); num outro patamar, com um grau de risco mais elevado ficou o sistema ADIÇÃO (TEB II).

Tabela 31 – Riscos de saúde dos sistemas de reciclagem – RCI

SISTEMA DE RECICLAGEM	PROCESSO	PERIGOS	RISCOS (PERIGO)	RISCO DO SISTEMA
RCI I - CIMENTO	Moagem	Ruído	4,7	17,0
		Vibração	3,3	
		Poeira (sílica)	9,0	
RCI II - CERÂMICA VERMELHA	Moagem	Ruído	4,7	17,0
		Vibração	3,3	
		Poeira (sílica)	9,0	
RCI III - CERÂMICA BRANCA	Moagem	Ruído	4,7	17,0
		Vibração	3,3	
		Poeira (sílica)	9,0	
RCI IV – AGREGADO	Britagem/ peneiramento	Ruído	4,7	17,0
		Vibração	3,3	
		Poeira (sílica)	9,0	
RCI V – PAVIMENTAÇÃO	Nenhum ⁹²			0,0

Já os riscos envolvendo os sistemas de reciclagem de RCI foram os mesmos para todos os sistemas avaliados, com exceção do sistema RCI V que não apresentou nenhum risco de saúde ocupacional.

4.3.3 Avaliação econômica e de mercado

4.3.3.1 Avaliação de mercado

A avaliação de mercado dos sistemas de reciclagem foi realizada de acordo com as

⁹¹ Raios γ e Raios X

⁹² Nenhum novo processo foi acrescentado ao sistema e, conseqüentemente, nenhum novo perigo surgiu. Não significa que o setor de pavimentação tenha risco de saúde ocupacional zero, mas sim, que o sistema de reciclagem não acrescenta nenhum novo risco ao setor, segundo os critérios de análise adotados.

informações levantadas juntos aos especialistas durante a “Especificação dos sistemas de reciclagem” (Anexo N – item Análise de Mercado). Estas informações estão resumidas na Tabela 32 e na Tabela 33, que mostram os valores atribuídos pelos especialistas aos mercados dos sistemas de reciclagem analisados. Os números apresentados se referem à classificação apresentada no Capítulo 3 - Método de Trabalho, no item 3.9.2 - Análise de mercado.

Tabela 32 – Resumo da avaliação de mercado – TEB

FATORES AVALIADOS	TEB I	TEB II	TEB III
Concorrência com outros produtos			*
Oferta de produtos concorrentes	1	1	1
Tendência de novos produtos no mercado	1	3	3
Inovações tecnológicas			
Vantagens tecnológicas do reciclado sobre os concorrentes	1	1	1
Capacidade consumidor identificar vantagens tecnológicas	--	5	3
Desenvolvimento tecnológico do mercado	1	5	5
Incentivos aos produtos/ sistemas de reciclagem			
Incentivos fiscais	0	0	0
Incentivos legais	0	0	0
Demanda para o produto reciclado			
Necessidade de produtos com características do reciclado	0	0	1
Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores	1	1	2
Aspectos do sistema produtivo			
Interesse da indústria recicladora na reciclagem do resíduo	1	--	3
Escala produtiva do sistema de reciclagem	5	3	5
TOTAL	11	19	24
* Média dos especialistas			

TEB I – CIMENTO

TEB II – ADIÇÃO

TEB III – CERÂMICA VERMELHA

Conforme o resultado apresentado na tabela acima (na linha “TOTAL”), o mercado mais favorável para a reciclagem da torta de tratamento de esgotos (TEB) foi o da indústria cerâmica (TEB III – Matéria-prima para cerâmica vermelha), seguido pelo mercado da construção civil (TEB II – adições para argamassas e concretos) e por último ficou o mercado de cimento (TEB I – matéria-prima e energia para a produção de cimento).

Já para os sistemas de reciclagem do resíduo de construção e demolição (RCI), os mercados mais favoráveis foram: em primeiro lugar o mercado de pavimentação (RCI V – Base para pavimentação); em segundo lugar ficou o mercado da indústria cerâmica de revestimento (RCI III – Matéria-prima para produção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca); em terceiro lugar ficaram empatados os mercados da indústria da construção civil (RCI IV – Agregado para confecção de argamassas e concretos) e o da indústria cerâmica (RCI II - Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha).

Tabela 33 – Resumo da avaliação de mercado - RCI

FATORES AVALIADOS	RCI I	RCI II	RCI III	RCI IV	RCI V
Concorrência com outros produtos					
Oferta de produtos concorrentes	1	1	1	1	2
Tendência de novos produtos no mercado	1	1	5	3	1
Inovações tecnológicas					
Vantagens tecnológicas do reciclado sobre os concorrentes	1	1	1	--	1
Capacidade consumidor identificar vantagens tecnológicas	--	3	5	5	5
Desenvolvimento tecnológico do mercado	1	5	1	5	3
Incentivos aos produtos/ sistemas de reciclagem					
Incentivos fiscais	0	0	0	0	0
Incentivos legais	0	0	0	0	0
Demanda para o produto reciclado					
Necessidade de produtos com características do reciclado	0	0	1	0	5
Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores	1	1	5	1	5
Aspectos do sistema produtivo					
Interesse da indústria recicladora na reciclagem do resíduo	1	1	3	--	3
Escala produtiva do sistema de reciclagem	5	5	3	3	5
TOTAL	11	18	25	18	30
<i>* Média dos especialistas</i>					

RCI I - CIMENTO

RCI II - CERÂMICA VERMELHA

RCI III - CERÂMICA BRANCA

RCI IV – AGREGADO

RCI V – PAVIMENTAÇÃO

Realmente o mercado para o sistema de reciclagem RCI V (pavimentação) demonstrou – durante as entrevistas – indícios de que possui o maior potencial para

absorver o produto. Segundo o próprio especialista consultado na área de pavimentação, há cerca de 5.000km de vias não pavimentadas só na cidade de São Paulo, com baixo volume de tráfego e uma grande carência de materiais para suprir esta finalidade.

4.3.3.2 Avaliação econômica

A avaliação econômica dos sistemas de reciclagem foi realizada através de uma análise hierárquica (A.H.) desenvolvida com base nos indicadores econômicos de cada sistema, levantados nas entrevistas com os especialistas. Estes indicadores estão resumidos nas Tabela 34 e na Tabela 36 e detalhados no Anexo N, nos questionários “Análise Econômica” e “Análise Ambiental”.

Tabela 34 – Resumo da avaliação econômica - TEB

PARÂMETROS	TEB I (CIMENTO)	TEB II (ADIÇÃO)	TEB III (CERÂMICA VERMELHA)
Pontos positivos	Consumo mat.pr. ↓	Transporte ↓ Consumo mat.pr. ↓	Energia ↓ Consumo mat.pr. ↓ Cons. combust. ↓
Pontos negativos	Secar resíduo Controle gases	Tirar M.Org. Controle gases Moagem Escória	Secar resíduo Controle gases
% de aproveitamento do resíduo	± 30%	± 17%	± 30%
Forma de comercializar o resíduo	Cobraría	Pagaria	Accitaria
Investimentos em P&D	± R\$75.000	± R\$30.000	±R\$55.000
Consumo de recursos	Energia: + 5 Mat. Prima: -3	Energia: + 3 Mat. Prima: -3 Combustível: -3	Água: -3 Energia: + 3 Mat. Prima: -3 Combustível: -3
Geração de rejeitos	Emissões: +5 Efluentes: +3	Emissões: Combustão +3 Transporte -5 Pocira +3	Emissões: +5 Efluentes: +3
Distância de transporte	0	-3	0
Máquinas/ equipamentos	+3	+3	+3
Risco do negócio	---	---	---

Comparando cada sistema de reciclagem dois a dois – conforme as diretrizes do método da A.H., discutidos no capítulo “Revisão Bibliográfica” – chegou-se ao

resultado apresentado na Tabela 35 e na Tabela 37 para o desempenho econômico de cada sistema analisado.

Tabela 35 – Análise hierárquica da avaliação econômica - TEB

SISTEMAS	TEB I	TEB II	TEB III	Total da linha	Importância relativa
TEB I	1	1/6	1/4	0,42	0,04
TEB II	6	1	2	9,00	0,60
TEB III	4	1/2	1	5,25	0,36
Total geral				14,67	1,000

TEB I – CIMENTO

TEB II – ADIÇÃO

TEB III – CERÂMICA VERMELHA

Para o resíduo TEB, de acordo com o critério adotado, o sistema de reciclagem que apresentou a melhor viabilidade econômica foi o TEB II (adições para argamassas e concretos), seguido pelo TEB III (matéria-prima para cerâmica vermelha). O sistema de reciclagem TEB I – matéria-prima e energia para a produção de cimento – repetindo o desempenho da análise de mercado, ficou novamente com a pior classificação.

Esta análise é relativa, ou seja, os valores indicaram a hierarquia quando os custos estimados de cada sistema são comparados entre si. Isto não significa que este sistema de reciclagem não é viável para o setor cimenteiro. Uma análise econômica realizada pela indústria do cimento poderia concluir que esta reciclagem (TEB I) é viável para o setor, pois os parâmetros avaliados seriam outros. Isto é ainda mais significativo principalmente quando se trabalha com indústrias com diferentes escalas de mercado como no caso das indústrias analisadas.

Um fato que comprova esta possibilidade é uma parceria recém estabelecida (no mês de maio de 2003) entre a SABESP e uma cimenteira, onde está sendo avaliado – em escala real – o coprocessamento do lodo de esgoto em fornos de cimento.

Tabela 36 – Resumo da avaliação econômica - RCI

PARÂMETROS	RCI I (CIMENTO)	RCI II (CERÂMICA VERMELHA)	RCI III (CERÂMICA BRANCA)	RCI IV (AGREGADO)	RCI V (PAVIMENTAÇÃO)
Pontos positivos	Consumo mat.pr. ↓	Consumo mat.pr. ↓	Consumo mat.pr. ↓ (muito mais barata) Distâncias transp. ↓	Consumo mat.pr. ↓ Distâncias transp. ↓	Consumo mat.pr. ↓ Distâncias transp. ↓ Não modifica resid.
Pontos negativos	Moagem resíduo Controle poeira	Moagem resíduo Controle poeira	Moagem resíduo Controle poeira	---	---
% de aproveitamento do resíduo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Forma de comercializar o resíduo	Cobrança	Aceitaria	Pagaia	Pagaia	Pagaia
Investimentos em P&D	± R\$100.000	± R\$100.000	± R\$55.000	± R\$30.000	±R\$100.000
Consumo de recursos	Energia: + 5 Mat. Prima: -3	Energia: + 5 Mat. Prima: -3	Energia: + 5 Mat. Prima: -3 Combustível: -5	Água: +3 Energia: + 3 Mat. Prima: -5 Combustível: -3	Água: +3 Mat. Prima: -3 Combustível: -3
Geração de rejeitos	Emissões: +5	Emissões: +3	Emissões: -3 Resíduos: +3	Emissões: -3	Emissões: -3
Distância de transporte	0	0	-5	-3	-3
Máquinas/ equipamentos	+3	+3	+3	0	0
Risco do negócio	---	---	---	---	10% (insucesso)

O risco do negócio mostrou-se bastante difícil de ser estimado, principalmente para os setores que não possuem a prática de fazer avaliações do risco de seus investimentos. Este parâmetro foi avaliado apenas pelo especialista em pavimentação⁹³ (alternativa de reciclagem RCI V). Todos os demais especialistas consideraram o item muito subjetivo e preferiram não informar este parâmetro por considerarem que estariam fazendo nada mais que um “chute”.

Isto talvez possa ser contornado com a mesma sugestão apresentada acima para a análise de mercado, ou seja, consultar não apenas especialistas técnicos sobre os sistemas, mas também o pessoal mais envolvido com o setor econômico e o próprio negócio que está sendo avaliado. Caso isto não resolva, talvez seja melhor abolir este parâmetro das entrevistas, já que se este dado não for conseguido para todos os sistemas analisados ele não pode ser usado como critério de comparação.

Tabela 37 – Análise hierárquica da avaliação econômica - RCI

SISTEMAS	RCI I	RCI II	RCI III	RCI IV	RCI V	Total da linha	Importância relativa
RCI I	1	1/3	1/5	1/7	1/8	1,80	0,04
RCI II	3	1	1/4	1/7	1/6	4,56	0,08
RCI III	5	4	1	1/3	1/2	10,83	0,20
RCI IV	7	7	3	1	1	19,00	0,35
RCI V	8	6	2	1	1	18,00	0,33
Total geral						54,19	1,00

RCI I - CIMENTO

RCI II - CERÂMICA VERMELHA

RCI III - CERÂMICA BRANCA

RCI IV - AGREGADO

RCI V - PAVIMENTAÇÃO

⁹³ O valor do risco para este sistema de reciclagem (10% de fracasso), pode ser considerado extremamente baixo para o setor, que usualmente trabalha com valores de 25% a 50% de riscos negativos para materiais convencionais, com o objetivo de redução de custos, conforme observou o próprio especialista entrevistado. Isso vem de encontro com o que PINTO (1999) observa sobre o desempenho do material para este uso e o que um estudo piloto em São Paulo que usou o material como base de pavimentação (Av. Alberto de Gazzotis - Santo Amaro) já confirmava na prática.

Para o resíduo RCI, o desempenho dos sistemas de reciclagem diante da avaliação econômica foi o seguinte: 1º lugar RCI IV (Agregado para confecção de argamassas e concretos), 2º lugar RCI V (Base para pavimentação (baixo volume de tráfego) e cascalhamento de vias de terra), 3º lugar RCI III (Matéria-prima para produção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca), 4º Lugar RCI II (Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha) e último lugar, RCI I (Matéria-prima para produção de cimento - co-processamento).

Os custos envolvidos nos sistemas RCI IV e RCI V (1º e 2º lugares) foram muito semelhantes, divergindo basicamente no valor dos investimentos necessários em P&D, que foi mais acentuado para o caso do uso em pavimentação.

Mais uma vez é importante lembrar que este investimento pode ser considerado baixo para o setor de pavimentação e que o resultado desta avaliação é apenas relativo, e não leva em conta os custos envolvidos nos sistemas produtivos convencionais dos setores analisados.

4.4 ETAPA 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS

Nesta etapa todos os resultados das avaliações realizadas sobre os sistemas de reciclagem foram comparados de forma a se estabelecer uma hierarquia entre os processos, conforme a Figura 31 .

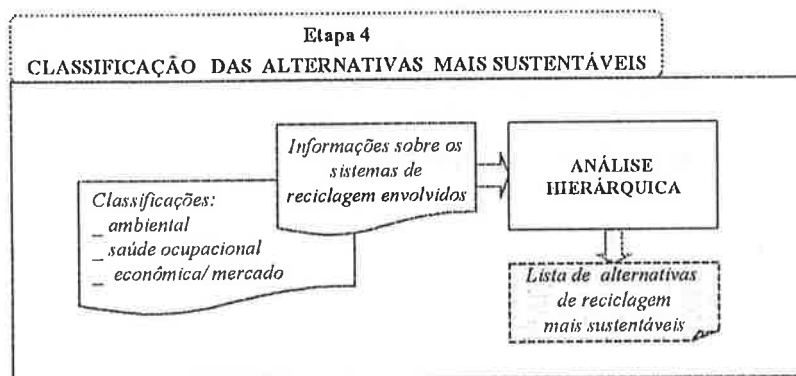


Figura 31 – Etapa 4

A Tabela 38 e a Tabela 39 apresentam os resultados finais de todas as classificações dos sistemas de reciclagem avaliados para os resíduos TEB (torta de esgoto de Barueri) e RCI (resíduo de construção e demolição de Itaquera)

Tabela 38 – Resumo das avaliações dos sistemas de reciclagem – TEB

SISTEMA DE RECICLAGEM	Econômico	Mercado	Ambiental	Saúde ocupacional
TEB I (CIMENTO)	3º Lugar	3º Lugar	3º Lugar	1º Lugar
TEB II (ADIÇÃO)	1º Lugar	2º Lugar	1º Lugar	3º Lugar
TEB III (CERÂMICA VERMELHA)	2º Lugar	1º Lugar	2º Lugar	1º Lugar

Tabela 39 – Resumo das avaliações dos sistemas de reciclagem – RCI

SISTEMA DE RECICLAGEM	Econômico	Mercado	Ambiental	Saúde ocupacional
RCI I (CIMENTO)	5º Lugar	5º Lugar	4º Lugar	2º Lugar
RCI II (CERÂMICA VERMELHA)	4º Lugar	3º Lugar	5º Lugar	2º Lugar
RCI III (CERÂMICA BRANCA)	3º Lugar	2º Lugar	3º Lugar	2º Lugar
RCI IV (AGREGADO)	1º Lugar	3º Lugar	2º Lugar	2º Lugar
RCI V (PAVIMENTAÇÃO)	2º Lugar	1º Lugar	1º Lugar	1º Lugar

Pode-se considerar que o objetivo principal desta metodologia são os resultados apresentados nas tabelas acima. A partir destes resultados, as partes interessadas na reciclagem dos resíduos (geradores, pesquisadores e órgãos públicos) podem utilizar os critérios mais apropriados para cada época, local e resíduo para criar uma hierarquia. Nestes critérios estarão envolvidos valores e interesses de cada envolvido e que não cabe aqui discutir quais seriam os mais adequados a serem levados em conta durante esta decisão.

Como exemplo de como isso pode ser feito, a seguir são apresentadas as hierarquias definidas pela presente pesquisa para cada um dos resíduos, utilizando os seguintes pesos: para o fator econômico (objetivo de qualquer atividade industrial) peso 4; para o fator ambiental (considerando que o objetivo básico da reciclagem é reduzir a agressão ao meio ambiente) peso 3; para o fator de mercado peso 2, e para o fator de saúde ocupacional (por considerar-se que ele pode ser mais facilmente controlado dentro das organizações através de equipamentos e medidas de proteção), peso 2.

4.4.1 Exemplo de Hierarquias para os Sistemas Avaliados

TEB – Torta de Esgoto de Barueri

- 1°. TEB II – **ADIÇÃO** (Adição das cinzas para argamassas e concretos)
- 2°. TEB III – **CERÂMICA VERMELHA** (Matéria-prima para cerâmica vermelha)
- 3°. TEB I – **CIMENTO** (Matéria-prima e energia para produção de cimento)

RCI – Resíduo de construção e demolição de Itaquera

- 1°. RCI V – **PAVIMENTAÇÃO** (Base para pavimentação em baixo volume de tráfego/ cascalhamento de vias de terra)
- 2°. RCI IV – **AGREGADO** (Agregado para confecção de argamassas e concretos)
- 3°. RCI III – **CERÂMICA BRANCA** (Matéria-prima para produção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca)
- 4°. RCI II – **CERÂMICA VERMELHA** (Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha)
- 5°. RCI I – **CIMENTO** (Matéria-prima para produção de cimento – co-processamento)

4.5 ETAPA 5 – CONFIRMAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE USO

Nesta etapa, seriam realizados os ensaios que confirmariam a possibilidade de uso dos resíduos em cada uma das aplicações propostas pelos especialistas. No entanto,

devido às mudanças já discutidas, de que tal confirmação é realizada nos estudos de P&D, esta etapa não foi realizada. Apenas os ensaios extras sugeridos foram feitos, mas não neste momento, e sim durante a consulta aos especialistas.

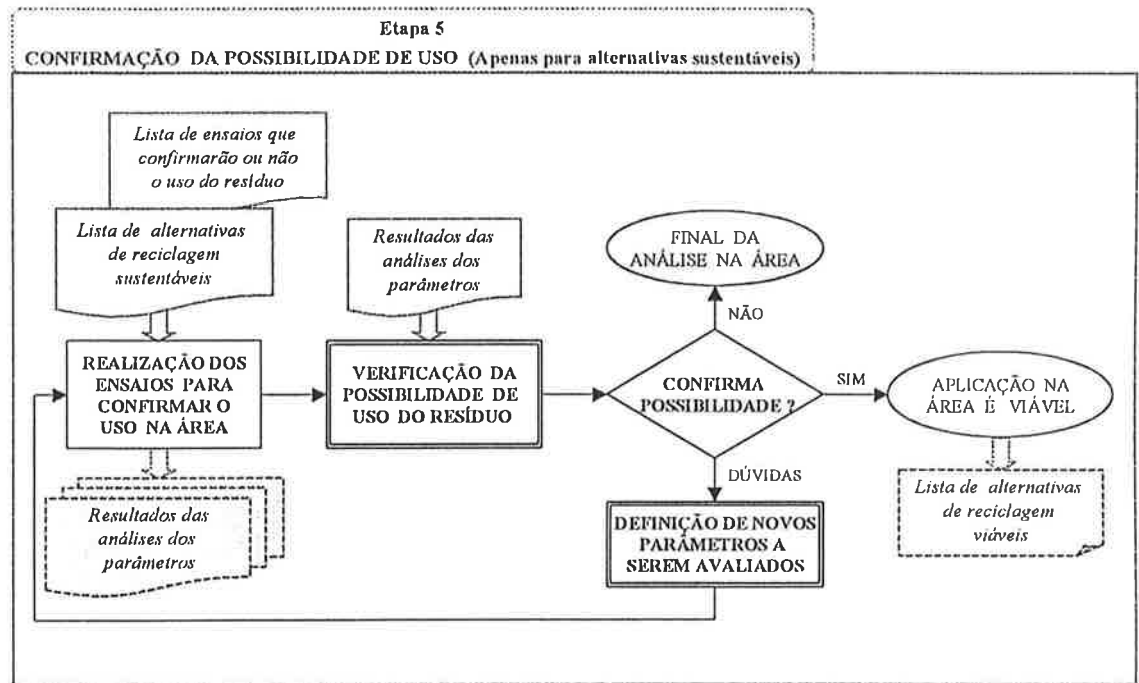


Figura 32 – Etapa 5

Em virtude dessas alterações, no capítulo seguinte é proposta uma mudança na seqüência e nas etapas desta metodologia.

Capítulo 5

DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a discussão do trabalho, considerando os pontos mais importantes do seu desenvolvimento e os resultados dos estudos de casos realizados com os dois resíduos (RCI e TEB).

5.1.1 Precisão

Os resultados obtidos pela metodologia em relação às potenciais alternativas de reciclagem para os resíduos analisados, mostrou que ela foi precisa na medida em que identificou, entre estas alternativas, aquelas já conhecidas e consagradas pelo mercado.

Como exemplo para a torta de esgoto podem ser citados (a) a adição das cinzas da queima do lodo (TEB II), que já havia sido estudada por TAY (1997) e KHANBILVARDI e AFSHARI (1995) inclusive com exemplos de utilização em Singapura, e (b) o uso como matéria-prima para a produção de cerâmica vermelha, uma aplicação utilizada desde 1979 na África do Sul, que produziu mais de 120 milhões de tijolos (TSUTIYA, 2001).

No caso do resíduo de construção e demolição as aplicações (a) base para pavimentação de baixo volume de tráfego ou cascalhamento de vias de terra, já é utilizada com sucesso em algumas cidades brasileiras (PINTO, 1999; ZORDAN 1997) como São Paulo, Belo Horizonte e Ribeirão Preto, e (b) o uso como agregados para a confecção de argamassas e concretos vem, nos últimos anos, sendo estudada por diversos pesquisadores (ALTHEMAN, 2002; LEITE, 2001; MIRANDA, 2000) e sua utilização vem crescendo no Brasil, sobretudo para a confecção de artefatos de concreto e obras de infra-estrutura urbana (ÂNGULO et al, 2002; PINTO, 1999).

Como a metodologia indicou estas aplicações sem que os resíduos tivessem sido pré-identificados aos especialistas, ou seja, eles não sabiam de que material se tratava antes da conclusão das entrevistas, isso indica que a análise sobre o potencial de reciclagem feita pelos especialistas foi realmente baseada nas características físico-químicas dos resíduos, apresentadas durante às entrevistas.

Esta precisão é importante pois uma metodologia cuja proposta é avaliar o potencial

de reciclagem de resíduos nas mais diversas áreas, deve confirmar resultados tecnológicos já consolidados.

5.1.2 Utilidade

Além de ter sido precisa na indicação de alternativas de reciclagem já conhecidas e utilizadas pelo mercado, a metodologia indicou também novas alternativas de reciclagem, mostrando que ela pode ampliar o leque de possibilidades de inserção dos resíduos na cadeia produtiva.

Como exemplos de novos potenciais de reciclagem para o resíduo de construção e demolição (RCD), podem ser citados (a) o uso para produção de cerâmica branca ou de revestimento e (b) o uso como matéria-prima para produção de cimento⁹⁴. Já para a torta de esgotos, embora nenhuma das alternativas analisadas tenha sido nova, a possibilidade levantada pelos especialistas de utilização do resíduo para recuperação de áreas degradadas como minerações ou até mesmo como cobertura (diária ou final das células) para aterros sanitários pode ser uma alternativa ainda não explorada.

A identificação de novas alternativas sustentáveis de reciclagem é importante, pois além de tornar esta metodologia útil (na medida em que revela além daquilo que já se conhece), ainda pode gerar um aumento pela procura dos resíduos e, conseqüentemente, a sua valorização no mercado. Além dos benefícios ambientais que isto representa (diminuição da quantidade de resíduos sendo aterrados e/ou dispostos, preservação das reservas de matérias-primas que deixam de ser consumidas, etc.) há benefícios sociais e econômicos como a geração de novos empregos e novos mercados entre as empresas geradoras de resíduos.

⁹⁴ O co-processamento de RCD em fornos de cimento, embora já seja de aplicabilidade teórica conhecida, não pode ser descrita como uma alternativa de reciclagem convencional. Isso reflete uma característica importante da metodologia, a de trazer à tona alternativas potenciais de reciclagem que pelas mais diversas razões possam estar “adormecidas” no mercado, o que pode ser interessante até mesmo para resíduos com reciclagem já estabelecidas quando se deseja outras opções de mercado.

5.2 OBJETIVOS ATINGIDOS

Considera-se que os objetivos inicialmente estabelecidos tenham sido plenamente atendidos, conforme seguem:

5.2.1 *Objetivos gerais*

- A metodologia desenvolvida, para aplicação num estágio anterior aos estudos de P&D de novos produtos reciclados, avaliou a possibilidade técnica de reciclagem em 6 diferentes setores industriais – a partir de pareceres de especialistas de cada um deles – e permite que um número ainda maior seja avaliado, tantos quantos forem operacionalmente possível de serem entrevistados;
- A metodologia serve de orientação aos geradores de resíduos (indústria), ao poder público e/ou à comunidade científica, para iniciarem projetos de P&D de novos produtos reciclados, a partir de uma lista de alternativas com potencial técnico de reciclagem⁹⁵.

5.2.2 *Objetivos específicos*

- A metodologia desenvolvida oferece informações seguras do ponto de vista da engenharia, na medida em que se baseou em informações de diferentes especialistas de reconhecidas capacidades técnica e profissional. A confiabilidade nestas informações tende a aumentar, quanto mais especialistas de uma mesma área participarem desta avaliação.
- A lista de alternativas de reciclagem foram avaliadas quanto a critérios ambientais, de saúde ocupacional, econômico e de mercado, através de técnicas de análise já consagradas na avaliação de sistemas, com base em normas internacionais como a ISO e a OHSAS. As avaliações econômicas e de mercado ainda podem ser melhor desenvolvidas em pesquisas futuras com maior apoio de

⁹⁵ Como comprovação deste fato, 2 meses após a finalização deste trabalho – antes mesmo da sua publicação – já houve o interesse de pesquisadores da UNICAMP e da CETESB, para discutir a aplicação desta metodologia em parceria com um gerador de resíduo.

técnicos destas áreas.

Conforme previsto no início do trabalho não foi criada neste trabalho uma metodologia perfeita, e estática, mas sim um ponto de partida para um processo de constantes ajustes e aperfeiçoamentos, necessários a uma ferramenta multidisciplinar como esta proposta.

5.3 TESE COMPROVADA

Considera-se que a tese estabelecida no início deste trabalho foi comprovada nos seus 3 pontos fundamentais, ou seja, que a metodologia com as características propostas permite:

- a) **Seleção de aplicações confiáveis:** além do fato de que as listas de alternativas potenciais de reciclagem são baseadas em informações de especialistas e profissionais respeitados, a etapa de coleta de dados (informações sobre riscos conhecidos do resíduo, caracterizações físico-químicas e caracterização ambiental) permite que riscos envolvendo a reciclagem, sejam eles de engenharia (como o caso da escória de aciaria), ambientais (como os casos da SOLVAY e da Prefeitura de Santana, no Amapá⁹⁶), ou outros, sejam previstos e considerados na identificação do potencial de reciclagem. Uma comprovação de que a metodologia pode impedir estes problemas foi o fato da análise ambiental (NBR10.004) haver indicado o resíduo de construção e demolição como um resíduo Classe II – não inerte, e não como um resíduo Classe III – Inerte, como costuma-se vê-lo classificado.
- b) **Sobreposição do óbvio com aplicações alternativas:** as alternativas potenciais RCI I (matéria-prima para a produção de cimento) e RCI III (matéria-prima para a confecção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca) – sem considerar as possibilidades indicadas pela metodologia mas não avaliadas, como a recuperação de solos e a cobertura para aterros – confirmam a tese de que

⁹⁶ Ver Capítulo Introdução e Justificativa.

baseando-se em suas características físico-químicas e sem o conhecimento prévio de qual o resíduo está sendo analisado, é possível que sejam levantadas novas aplicações para os resíduos, além daquelas já conhecidas.

- c) **Seleção de aplicações mais sustentáveis:** o uso de técnicas de classificação ambiental, de saúde ocupacional, econômica e de mercado permitiu que as alternativas potenciais de reciclagem indicadas pelos especialistas fossem classificadas com base nestes parâmetros, de forma a indicar prováveis comportamentos dessas alternativas nas áreas avaliadas. No entanto, é importante considerar que tais análises são subjetivas e, portanto, sua comprovação é feita pela suposição de que, estando certas as premissas adotadas nestas análises, elas realmente podem indicar alternativas mais sustentáveis. A precisão de tais análises tende a aumentar quando elas são feitas sobre os processos industriais já definidos do sistema de reciclagem, ou seja, na fase final de P&D.

5.4 ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS

Conforme já discutido, durante a realização do estudo de caso foram realizadas mudanças na seqüência e na sistemática inicialmente proposta (Capítulo “Método de Trabalho”) para esta metodologia. A seguir estas alterações são discutidas, considerando cada uma das etapas desenvolvidas.

ETAPA 1

A etapa 1 do modelo inicial mostrou-se bem estruturada atendendo aos propósitos de sua criação – levantar informações, principalmente a caracterização do resíduo, de forma a se criar um dossiê que dê embasamento às consultas aos especialistas. Assim, não houve necessidade de alteração desta etapa e ela permanece conforme apresentada na Figura 33.

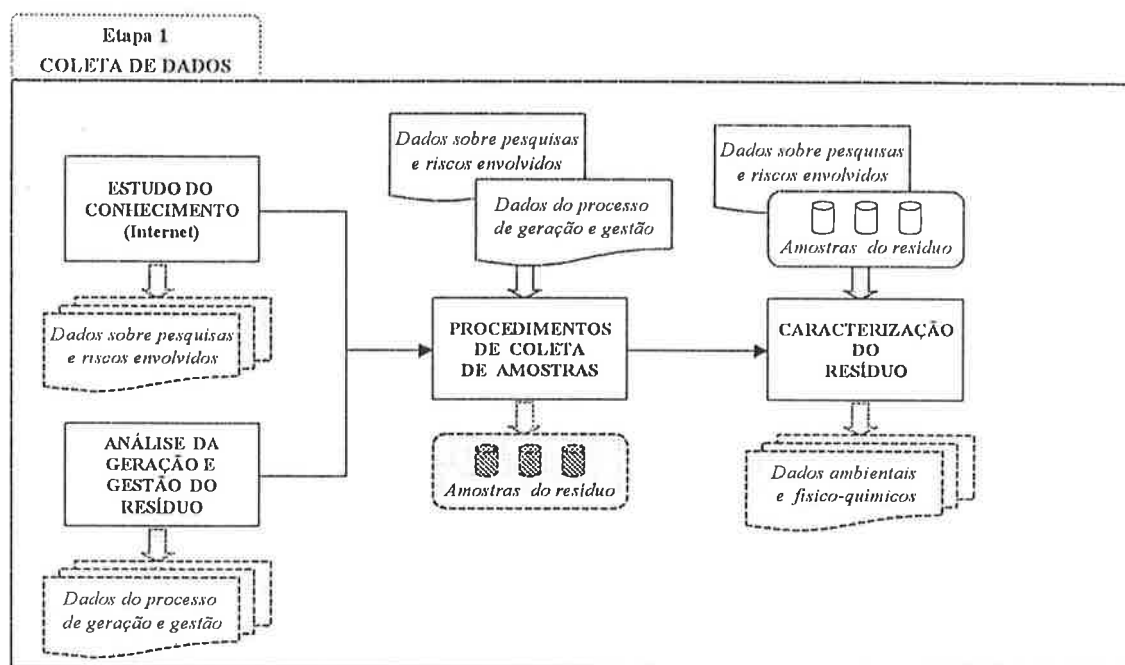


Figura 33 – Etapa 1 – Coleta de dados

ETAPA 2

Nesta etapa, conforme já discutido no Capítulo “Estudos de Casos”, algumas mudanças significativas foram realizadas na metodologia.

A primeira foi a constatação de que apenas nas etapas de P&D do produto reciclado pode ficar comprovado a real possibilidade de uso do resíduo na área do especialista, devido ao maior detalhamento e investigação necessários. Assim, os ensaios indicados pelos especialistas como necessários para comprovar a possibilidade de uso do resíduo, foram considerados como indicações para as etapas de P&D. Dessa forma, a antiga Etapa 5 da metodologia deixou de existir.

No entanto, constatou-se também, que para alguns setores industriais, a caracterização do resíduo realizada na Etapa 1 não é suficiente, ou seja, é preciso que outros ensaios sejam realizados com o resíduo avaliado (ainda nesta etapa anterior aos estudos de P&D), de forma a auxiliar os especialistas a definirem se o resíduo possui ou não potencial de reciclagem na sua área. São “ensaios extras” que devem ser feitos em caso de dúvidas do especialista. Deste fato surgiu a necessidade de uma

nova etapa, a Etapa 3 – “Realização de ensaios extras”.

A Figura 34 apresenta parte destas alterações, complementadas pela figura da Etapa 3.

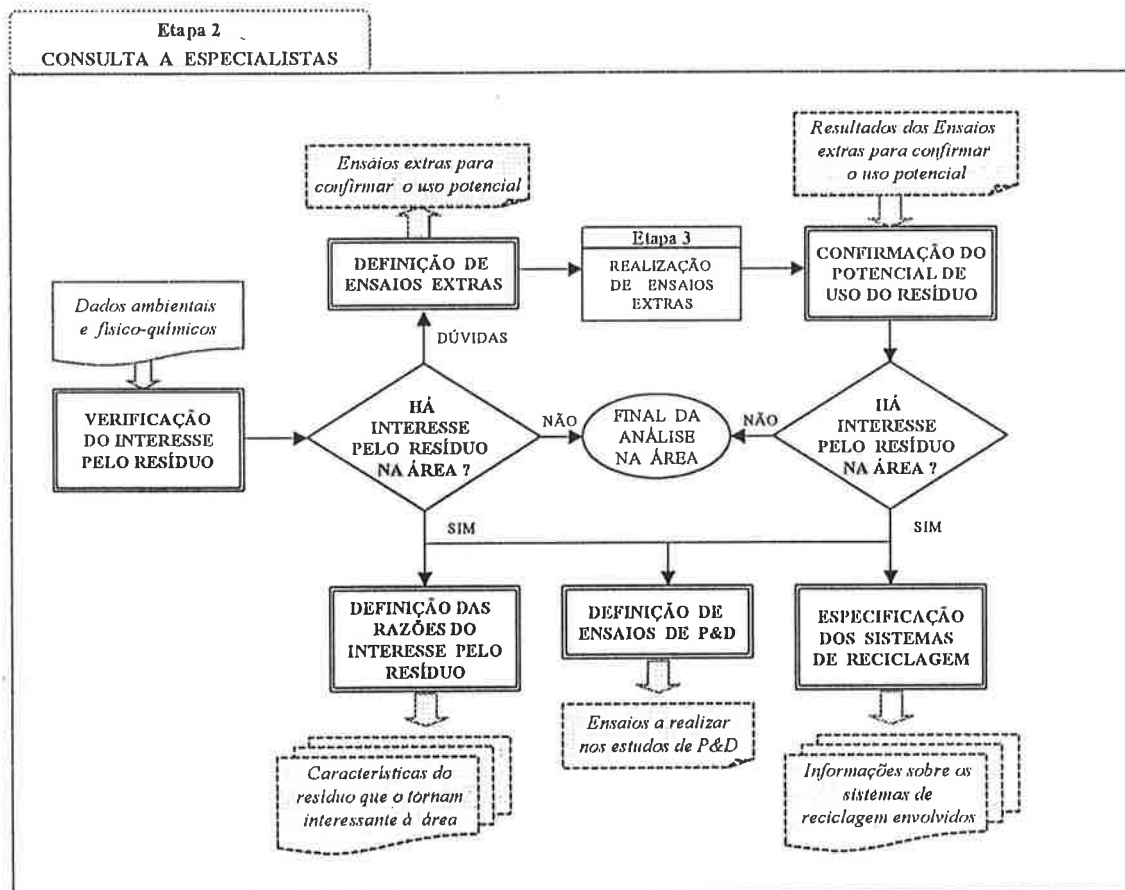


Figura 34 – Etapa 2 – Consulta à especialistas

Após estas alterações, as seguintes informações foram obtidas durante as entrevistas:

a) **Interesse da área (especialista) pelo resíduo:** estes dados foram divididos em:

a1. **Usos possíveis na área:** indicando as aplicações possíveis na área do especialista, a porcentagem de aproveitamento do resíduo e a fração de interesse;

a2. **Ensaios adicionais a serem desenvolvidos:** indicando ensaios complementares necessários para que o especialista apresentasse seu parecer quanto ao possível uso na área;

- b) **Dados Técnicos:** indicando os pontos positivos e negativos do uso indicado. Para os pontos positivos foram avaliados a sua importância para o produto final (reciclado) e possíveis vantagens do uso do resíduo sobre o material convencional. Para os pontos negativos foram indicados a sua gravidade e o potencial do problema ser contornado;
- c) **Dados econômicos:** foram levantados pontos positivos e negativos sob o enfoque econômico além de indicadores como investimento em P&D e a forma como resíduo seria comercializado (vendido, doado ou necessidade de pagar pelo serviço de reciclagem).
- d) **Dados Ambientais:** foram levantados pontos positivos e negativos sob o enfoque ambiental além de indicadores como consumo de recursos, geração de rejeitos (sólidos, líquidos e gasosos) e possibilidade de reciclagem do novo material gerado;
- e) **Dados de saúde ocupacional:** foi identificada a ocorrência de perigos envolvendo atividades ou processos que os especialistas consideram como “de presença garantida” nos sistemas de reciclagem.
- f) **Dados de mercado:** onde não houve alteração da sistemática inicialmente definida e o mesmo questionário inicial foi preenchido.

ETAPA 3

Conforme já colocado, esta etapa foi realizada para suprir a necessidade de realização de ensaios extras, eventualmente propostos pelos especialistas para confirmar o uso potencial do resíduo na sua área. Assim, ela somente ocorrerá caso estes ensaios sejam solicitados. A Figura 35 apresenta a indicação simples desta etapa.



Figura 35 – Etapa 3 – Realização de ensaios extras

ETAPA 4

A etapa 4 passa a ser a antiga etapa 3, onde os sistemas de reciclagem indicados como potenciais são avaliados quanto a aspectos econômicos, ambientais, de saúde ocupacional e de mercado, conforme indicado na Figura 36. Não houve alteração nesta etapa, com exceção da estrutura das avaliações, que deixaram de ser realizadas com base nos processos industriais do sistema de reciclagem, visto que neste momento – antes da P&D – ainda não é possível precisar quais processos serão necessários para reciclar o resíduo (conforme já discutido no Capítulo “Estudos de Casos”).

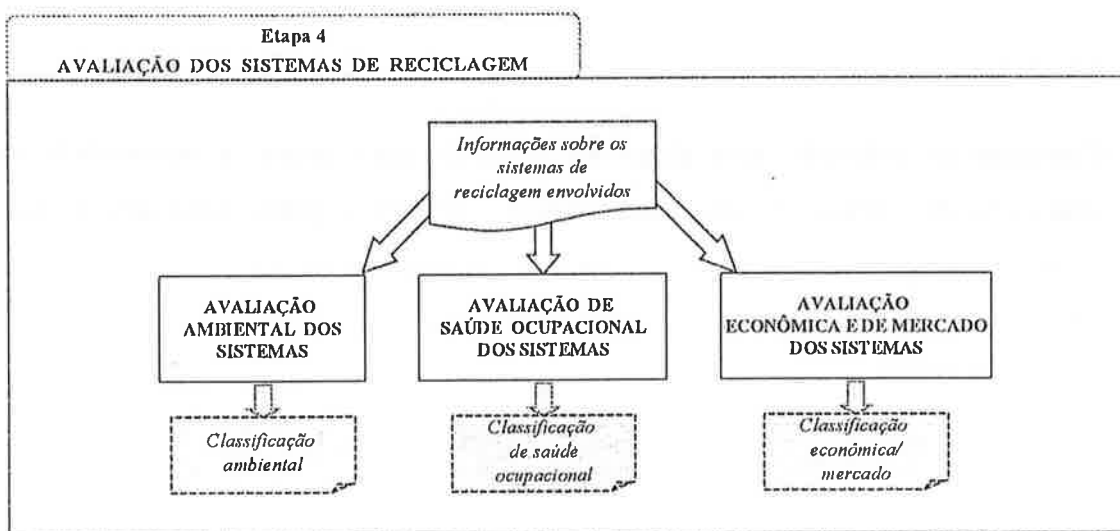


Figura 36 – Etapa 4 – Avaliação dos sistemas de reciclagem

ETAPA 5

Finalmente, a etapa 5 da metodologia passa a ser a antiga etapa 4 onde é realizada a hierarquização das alternativas de reciclagem, a partir das classificações realizadas na etapa anterior. A Figura 37 apresenta a nova Etapa 5.

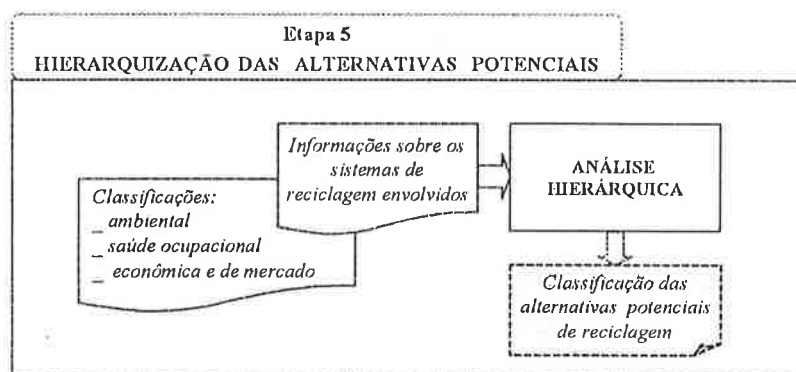


Figura 37 – Etapa 5 – Hierarquização das alternativas potenciais

5.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante o desenvolvimento da metodologia e de sua aplicação nos estudos de casos, deparou-se com algumas dificuldades e problemas que tornaram o trabalho mais árduo. A seguir estas dificuldades são discutidas de forma a poder auxiliar futuros trabalhos que complementem ou aprimorem esta metodologia, ou mesmo para ajudar outras pesquisas de metodologias genéricas:

- Uma das maiores dificuldades encontradas no trabalho foi a atribuição de um caráter genérico à metodologia, que obrigou a imaginação de hipóteses que poderiam surgir dentro do processo de análise, para os mais diversos tipos de resíduos e aplicações. Isso consumiu muito tempo para se chegar a uma forma de análise coerente, que pudesse ser aplicada a todas as possibilidades existentes em cada uma das etapas da metodologia. A criação de uma metodologia baseada num exemplo concreto, de um único resíduo, com uma posterior e progressiva extrapolação para uma forma genérica, poderia facilitar o desenvolvimento do trabalho, tornando o processo mais rápido e produtivo;
- Outra dificuldade enfrentada foi resultante da diversidade de áreas envolvidas no

trabalho (ambiental, saúde ocupacional, econômica e de mercado), que gerou a necessidade de conhecimento e interação sobre diversos assuntos e conceitos que tiveram de ser abordados. Isto foi demorado e desgastante, considerando que a introdução em cada nova área de conhecimento é mais lento do que seu aprofundamento numa mesma área. A divisão desta pesquisa em várias menores – cada uma delas abordando uma parte da metodologia – e uma outra maior, que gerenciasse todas as partes, provavelmente resolveria este problema, inclusive possibilitando um desenvolvimento mais aprofundado de cada uma das áreas;

- A dificuldade de se conseguir auxílio de profissionais das áreas envolvidas – sobretudo nas áreas econômica e de mercado, onde faltaram especialistas que pudessem avaliar e discutir sobre os métodos adotados e propostas elaboradas – também foi crítica neste trabalho. A criação de parcerias, antes do início do trabalho, com o compromisso oficializado de pesquisadores de todas as áreas pode minimizar este problema;
- Outra dificuldade enfrentada durante as entrevistas foi com relação à forma de apresentação dos resultados de caracterização dos resíduos aos especialistas. Por se tratar de uma pesquisa associada a outras, alguns ensaios foram realizados de forma direcionada ao tema e objetivo principal dos outros trabalhos. Isto nem sempre significou uma forma clara de apresentar a caracterização do material. A vinculação direta de estudos a um mesmo tema principal e com objetivos em comum pode evitar este tipo de problema.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o estudo de caso realizado para testar a aplicabilidade da metodologia foi de extrema importância para o levantamento de situações que geralmente não são imaginadas quando os métodos ficam apenas na teoria.

A seguir são apresentadas algumas considerações específicas sobre a realização do estudo de caso.

5.6.1 *Análise Técnica (Identificação de alternativas de reciclagem)*

- A metodologia prevê que durante a consulta aos especialistas, sejam levantados pontos positivos e negativos das análises técnicas sobre cada uma das alternativas de reciclagem identificadas. Embora tais informações não sejam utilizadas na avaliação das alternativas, estes dados tiveram uma razão de serem obtidos. O objetivo é permitir a criação de um banco de dados com requisitos necessários para cada aplicação, que pode servir de base para o desenvolvimento de um Sistema Especialista. Além disso, estes dados podem auxiliar estudos de P&D (como indicadores de parâmetros a serem avaliados), onde os pontos positivos podem ser “valorizados” nos produtos reciclados e os pontos negativos podem ser analisados com detalhes para reduzir ou eliminar seu efeito nocivo na aplicação;
- Durante a aplicação da metodologia, um momento foi considerado crítico para a praticidade e objetividade de sua operação: a identificação pelos especialistas dos ensaios extras, complementares à caracterização do resíduo. Foi importante neste momento auxiliar o especialista a distinguir entre os dois grupos de ensaios⁹⁷, e questioná-lo se realmente os ensaios indicados eram necessários nesta etapa ou poderiam ser deixados para os estudos de P&D. Isto foi importante pois vários ensaios inicialmente considerados como extras, passaram a ser indicados para os estudos de P&D pois não forneceriam informações relevantes para esta análise preliminar;
- Para que um dos principais princípios da metodologia fosse respeitado – a avaliação de alternativas com base nas características e propriedades físico-químicas do material – a identidade do resíduo não foi revelada aos especialistas até o final da entrevista. Embora alguns especialistas tivessem noção de qual era o resíduo, foi surpreendente que alguns deles tentavam voltar atrás na opinião positiva que já haviam formulado, depois que lhes era revelada a identidade do material. Isso deixa claro como visões pré-concebidas sobre a reciclagem de determinados resíduos podem interferir negativamente nas pesquisas, limitando

as possibilidades de utilização desses materiais;

- O estudo de caso demonstrou que nem todos os especialistas possuem informações específicas sobre uma área ou determinada aplicação para o resíduo. Alguns especialistas são generalistas, com uma compreensão sobre vários sistemas de reciclagem, principalmente com foco de mercado. Tais profissionais embora não tenham fornecido informações específicas sobre os sistemas, foram importantes para o direcionamento da metodologia, sugerindo áreas que poderiam reciclar o resíduo (apenas avaliando suas caracterizações, sem saber o que era) e podem ser utilizados como ponto de partida das entrevistas.

5.6.2 Análise Econômica

- As análises econômicas e de mercado realizadas não possuem o rigor de avaliações de viabilidade econômica de empreendimentos, principalmente porque os processos industriais necessários para o sistema de reciclagem ainda não estão definidos neste momento. Isto dificultou a criação de critérios de análise econômica visto que as situações eram hipotéticas, e a maioria dos modelos econômicos é aplicável a situações mensuráveis, onde se conhece pelo menos o objeto a ser analisado – o que não ocorreu com esta metodologia que trabalha com um processo de reciclagem genérico;
- No entanto, para os estudos de P&D é possível desenvolver avaliações econômicas mais detalhadas, tomando como base a avaliação inicialmente proposta no Anexo M – Fichas de Entrevistas Antigas.

5.6.3 Análise de Mercado

- Em relação à análise de mercado dois pontos merecem destaque. O primeiro refere-se à falta de certeza, neste momento da metodologia, de quais características técnicas o produto reciclado vai realmente apresentar e oferecer

⁹⁷ Os primeiros indicam apenas o potencial de uso na área e os segundos certificam ou não a viabilidade técnica do uso do resíduo.

ao mercado. Isto acabou deixando esta análise muito focada no mercado do especialista entrevistado e menos nas características do produto;

- O segundo ponto importante é que na análise de mercado – embora mais simples e aparentemente mais subjetiva que as demais avaliações – o resultado final refletiu muito bem a motivação e o interesse demonstrado pelos especialistas no momento das entrevistas, ou seja, o questionário reflete com fidelidade a visão dos especialistas sobre a receptividade do mercado para o produto reciclado;
- Embora possa haver uma tendência do mesmo especialista que avalia a parte técnica (que sabe se o produto é “melhor” ou “pior”) deixar que isso influencie na sua análise de mercado, isto pode ser contornado, por exemplo, entrevistando pessoas mais envolvidas com o negócio. Na indústria do cimento este fato poderia ser minimizado utilizando profissionais das próprias cimenteiras e não apenas do meio acadêmico e da associação que representa o setor (no caso a ABCP), por exemplo.

5.6.4 Análise Ambiental e de Saúde Ocupacional

- Os métodos utilizados para a avaliação das alternativas de reciclagem apresentaram coerência com as informações levantadas junto aos especialistas. Isto vem reforçar a eficiência destes métodos subjetivos (como a análise de impactos e de riscos) que têm sido extremamente úteis, ao longo do tempo, na análise de empreendimentos de todos os tipos e tamanhos (barragens, estradas, canais, indústrias, plataformas marítimas, etc.), com bastante credibilidade;
- Não há a intenção de que a análise ambiental e de saúde ocupacional realizadas nesta etapa da metodologia, seja uma cópia exata do que ocorrerá nos sistemas de reciclagem, mas sim, uma imagem representativa que revele os principais riscos (ambientais e de saúde ocupacional) desses sistemas. Neste sentido, acredita-se que o modelo proposto atendeu muito bem a este objetivo;
- A aplicação desta avaliação nas etapas de P&D podem fornecer informações ainda mais precisas sobre o desempenho ambiental e de saúde ocupacional dos sistemas de reciclagem, considerando que a análise seja feita sobre os processos industriais já definidos;

- As avaliações ambientais e de saúde ocupacional necessitam de algum conhecimento básico para criar as relações de causa e efeito entre os processos do sistema de reciclagem e os aspectos e perigos. Dessa forma, é importante que os gerenciadores da metodologia e os entrevistadores considerem este fato, pois uma deficiência neste ponto pode influenciar o resultado final fornecido por esta avaliação;
- Apesar da criação de um novo conjunto de formulário para registrar os dados das entrevistas – em função das mudanças realizadas durante o estudo de caso – as fichas de entrevistas antigas (Anexo M) ainda podem ser utilizadas como base para a classificação dos sistemas de reciclagem após os estudos de P&D.

5.6.5 Limites de avaliação x tecnologia de informação

- Como consequência da impossibilidade de se definir com certeza – antes da P&D – quais processos deverão fazer parte do sistema de reciclagem, o leque de opções de alternativas de reciclagem fornecido pelos especialistas é bastante extenso, pois o uso do material fica condicionado aos resultados daquelas pesquisas. Por exemplo, no caso do uso da cinza gerada na combustão da torta de esgoto como “adição para argamassa e concreto”, haveria a possibilidade da combustão ser realizada com ou sem a necessidade de secagem prévia do material, e no caso da secagem o material poderia ser usado “*in natura*” caso não gerasse forte odor. Diante desta situação nem sempre todas as alternativas podem ser avaliadas devido ao tempo de duração das entrevistas e à capacidade humana de analisar as quantidades elevadas de matrizes de decisão que muitas alternativas poderiam gerar. Assim, decisões e opções foram feitas durante as entrevistas, de forma a buscar a simplificação. No entanto, se esta metodologia for gerenciada por programas computacionais estes limites podem ser ultrapassados e análise de alternativas ganharia eficácia;
- O uso da informática, aliás, pode facilitar e agilizar muito mais do que isso. Toda a metodologia pode ser informatizada, gerando uma ferramenta ágil, de fácil utilização. Isto pode aumentar muito o seu potencial de utilização e, conseqüentemente, o número de alternativas a serem analisadas. Além disso, o uso da informática como ferramenta de gerenciamento da metodologia permite a

criação de um Sistema Especialista, o que agilizaria ainda mais as consultas aos especialistas, que poderiam ser acessados apenas em casos de dúvidas ou em situações inusitadas, participando mais efetivamente apenas na gestão desta ferramenta.

5.6.6 Gerenciamento e Manutenção da Metodologia

- A qualidade das classificações ambientais, de saúde ocupacional, econômicas e de mercado estão condicionadas a duas variáveis: (a) às premissas e critérios estabelecidos na metodologia e (b) às informações fornecidas pelos especialistas sobre os sistemas de reciclagem. Quanto ao item (a), é importante que eles estejam sempre atualizados, acompanhando as mudanças no conhecimento e o surgimento de novas ferramentas que possam ser utilizadas. Quanto ao item (b), é importante considerar que nem sempre os especialistas consultados possuem, concomitantemente, uma boa visão econômica, ambiental, de saúde ocupacional ou de mercado e, portanto, é importante que haja sempre uma análise crítica do gestor da metodologia sobre as informações fornecidas sobre os processos, de forma a evitar conclusões equivocadas na classificação das alternativas;
- Da mesma forma que nestes 2 estudos de casos (realizados em praticamente 2 meses, incluindo ensaios, entrevistas e organização dos dados) foram identificadas necessidades de mudanças (como a alteração na condução das entrevistas que era baseada em processos, e passou a ser focada nas alterações dos sistemas de reciclagem/ produtivo) –, e algumas adaptações tiveram que ser executadas, é provável que em novos estudos outras adaptações precisem ser executadas. Assim, é importante que a metodologia passe por um período de testes maior que o aqui desenvolvido, com novos estudos de casos, de forma que a metodologia seja lapidada e o ganhe mais credibilidade.

5.6.7 Receptividade

- Um ponto extremamente crítico detectado durante a aplicação desta metodologia, foi a necessidade de “união de forças” nesta tarefa. Esta falta de compartilhamento de idéias e de espírito de equipe (considerando a grande equipe acadêmica), talvez possa ser uma das razões de estamos numa situação

tão atrasada – se comparada a outros países – frente ao reuso e reciclagem de resíduos;

- Embora na maioria das entrevistas houvesse uma receptividade muito boa dos especialistas e um interesse em contribuir para o processo de buscar alternativas para os resíduos, demonstrando o real espírito científico, também foi detectado em alguns momentos, atitudes regidas pelo famoso “ciúme acadêmico”, deixando que o ego falasse mais alto que a ciência, como se existisse um aparente receio de que novas alternativas fossem descobertas ou segredos revelados ao domínio público.
- Considera-se que a colaboração mútua num sistema de avaliação como este e o comprometimento das partes envolvidas, é fundamental para o sucesso dos resultados.

5.6.8 Mudança de paradigma

Conforme já discutido neste trabalho, as pesquisas de reciclagem até hoje realizadas não consideraram em seu escopo, análises do risco ambiental e de saúde ocupacional e avaliações econômicas e de mercado, concomitantemente. Apesar de um ou outro destes aspectos serem isoladamente levados em consideração, não tem sido comum a avaliação de todos numa mesma pesquisa de reciclagem.

Desta forma, a proposta desta pesquisa envolve uma quebra de paradigma na indústria da reciclagem de resíduos, uma vez que as sistemáticas até hoje utilizadas não consideraram todos estes critérios como necessários.

Embora inicialmente esta mudança envolva dificuldades, é importante que ela ocorra, tanto para que problemas como os discutidos no Capítulo Introdução e Justificativa não ocorram, como para que os produtos confeccionados a partir de resíduos reciclados não se tornem desacreditados e mal vistos no mercado.

Esta metodologia não garante que alguns empresários e até mesmo alguns pesquisadores da área da reciclagem deixem de encarar os resíduos como um “estorvo”, como se o processo de reciclagem “fizesse um favor” em consumi-lo. É bem provável que este preconceito ainda sobreviva por algum tempo. No entanto,

com a disseminação desta metodologia, é possível que tais profissionais “aprendam” a perder o preconceito e a visualizar o resíduo como uma possível matéria-prima, já que esta é a visão do mercado e das indústrias, quando a viabilidade do processo de reciclagem é comprovada.

Capítulo 6

CONCLUSÕES

A seguir, são apresentadas as principais conclusões desta pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

- A metodologia proposta serve de orientação aos geradores de resíduos (indústria), ao poder público e/ou à comunidade científica, para iniciarem projetos de P&D de novos produtos reciclados, a partir de uma lista de alternativas com potencial técnico de reciclagem;
- Os objetivos propostos inicialmente por este trabalho, quanto ao tipo de metodologia a ser desenvolvida, foram amplamente atingidos, conforme demonstraram os resultados do estudo de caso, ou seja: uma lista de aplicações potenciais para os dois resíduos estudados que pôde ser classificada segundo critérios ambientais, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado;
- O critério utilizado de buscar alternativas de reciclagem a partir das características físico-químicas mostrou-se adequado uma vez que as formas tradicionais de reciclagem foram indicadas pelos especialistas, mostrando coerência, e o mais importante, houve a indicação de formas não convencionais e ainda não exploradas de reciclagem;
- A sistemática utilizada de levantar as possibilidades de reciclagem com base nas informações de especialistas, mostrou-se adequada, na medida em que forneceu confiabilidade aos resultados e rapidez na aplicação, eliminando a fase de levantamento bibliográfico sobre requisitos necessários para uma determinada aplicação;
- Um dos resultados dos estudos de casos, que foi a indicação da alternativa de reciclagem *RCI III – Matéria-prima para produção de cerâmica de revestimento ou cerâmica branca*, como potencialmente aplicável ao resíduo de construção e demolição, fortalece a tese (conforme discutido no Capítulo anterior) de que uma metodologia como a proposta por este trabalho permite sobrepor o óbvio encontrando aplicações diferentes das convencionais, considerando que tal aplicação não possui referência em literatura;
- Considerando ainda que especialistas de outros setores industriais poderiam ter sido consultados, como por exemplo, a indústria de papel e celulose, a indústria

de remediação e recuperação de áreas degradadas e a indústria de saneamento, outras alternativas ainda poderiam ter sido levantadas;

- A metodologia mostrou que se conceitos científicos da ciência dos materiais e não apenas tecnológicos são considerados na avaliação do potencial de reciclagem de um resíduo, e se esta avaliação é realizada sem o conhecimento de que resíduo está sendo avaliado, o espectro de possibilidades de reciclagem desses materiais pode se expandir;
- Os estudos de reciclagem são processos eminentemente multidisciplinares, que exigem trabalho em equipe e, para a sua realização há a necessidade de visões globais. Este trabalho demonstrou que é possível criar uma sistemática para pesquisa e desenvolvimento em reciclagem de resíduo, considerando estes conceitos multidisciplinares e com a participação de equipes de especialistas nas diversas áreas envolvidas;
- Como um sistema de avaliação preliminar aos estudos de P&D, o sistema mostrou-se perfeitamente aplicável aos resíduos estudados e os resultados sobre as alternativas de reciclagem possuem confiabilidade baseada em pareceres de especialistas;
- O trabalho reforça a idéia de que utilizar um resíduo de acordo com suas características físico-químicas, permite evoluir o conceito da reciclagem de uma filosofia de “encontrar uma forma de consumir o resíduo” para um conceito de “identificar potenciais sustentáveis de utilização do resíduo”;
- A classificação ambiental, de saúde ocupacional, econômica e de mercado permitiu atribuir às alternativas de reciclagem indicações de seus comportamentos em cada uma destas áreas, de forma a criar uma imagem representativa dos riscos ou pontos críticos que cada alternativa pode enfrentar durante a sua implantação;
- A metodologia mostrou que esta classificação das alternativas de reciclagem pode fornecer resultados ainda mais precisos do comportamento ambiental, de saúde ocupacional, econômicos e de mercado, se realizada nas etapas de P&D destes produtos reciclados, pois apenas nestas etapas podem ser definidas com exatidão quais os processos industriais seriam necessários no sistema de

reciclagem;

- A utilização de ensaios de caracterização ambiental mostrou-se eficiente na identificação de riscos (ambientais e de saúde ocupacional) relacionados a contaminantes presentes nos resíduos. Isto é importante, pois muitas vezes pode haver confusão sobre o conhecimento dos mesmos – como comprovado pela classificação do resíduo de construção e demolição como um resíduo Classe II (Não inerte), geralmente tratado como um resíduo inerte – além do fato de que nem sempre mesmos resíduos gerados em locais diferente, possuem a mesma composição;
- Os resultados mostraram que encontrar soluções sustentáveis para um resíduo, não significa necessariamente aumentar o seu valor agregado, conforme demonstrou a classificação da alternativa de reciclagem RCI V – “Pavimentação”, que praticamente não requer nenhuma transformação no resíduo, e que ocupou as primeiras posições na maioria das avaliações (ambiental, de saúde ocupacional e de mercado);
- Após o final das entrevistas as identidades dos resíduos foram reveladas aos especialistas. Neste momento foi surpreendente a forma como alguns deles reavaliaram suas declarações de interesse pelos resíduos, citando possíveis problemas que, segundo a literatura, poderiam ocorrer, quase numa tentativa de “voltar atrás” em suas análises sobre o potencial de reciclagem. Isso deixa claro o forte preconceito e tendenciosidade em adotar alternativas já praticadas pelo mercado, o que pode acabar desperdiçando outras formas sustentáveis de reciclagem;
- A metodologia desenvolvida está longe de ser uma ferramenta finalizada e estática; ela é uma ferramenta pioneira neste tipo de avaliação e como tal, precisa ser ajustada e lapidada, de forma que as falhas sejam sanadas e os acertos valorizados;
- Esta metodologia pode indicar às empresas e aos órgãos públicos soluções sustentáveis para os problemas enfrentados atualmente com as enormes quantidades de resíduos produzidas e armazenados pelos mais diversos setores;
- Este trabalho acena para a possibilidade de que todos os envolvidos com a

reciclagem de resíduos (geradores, gestores públicos, consumidores e empresas) abandonem o conceito muito comum ainda nos dias de hoje, de encarar o resíduo como um “estorvo”, e como se a reciclagem “fizesse um favor” em consumir estes materiais, sendo utilizada apenas como uma forma de se livrar deles;

- Considerando os resíduos como um produto com características físico-químicas (com origem e denominação desconhecidas) a abordagem mostrou-se menos preconceituosa tendendo a considerar estes materiais como simples matérias-primas.

6.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

As seguintes pesquisas podem ser realizadas como forma de aprimorar a metodologia aqui proposta, tanto em relação às formas de análises sugeridas quanto aos processos de aplicação e gerenciamento da metodologia:

- incluir a avaliação social nas classificações dos sistemas de reciclagem;
- detalhar melhor alguns aspectos ambientais (como tipo de matéria-prima consumida: plásticos, minérios, produtos químicos, papel e celulose e tipo de emissões geradas: poeiras, fibras, particulados, tipo de gás) de forma a facilitar a mensuração e a análise da ocorrência;
- desenvolver uma pesquisa que utilize a metodologia para identificar possibilidades de reciclagem para um determinado resíduo e, a partir deste resultado, envolver diversas outras pesquisas de estudos de P&D para as alternativas inicialmente levantadas, incluindo a definição dos processos necessários para a reciclagem; a partir dos resultados finais de cada uma destas pesquisas de P&D, aplicar a classificação econômica, de mercado, ambiental e de saúde ocupacional com base nos tipos de processos necessários.
- reavaliar – em pesquisas separadas – cada uma das formas utilizadas para classificar os sistemas de reciclagem (econômica, de mercado, ambiental e de saúde pública), com a participação de especialistas de cada área, de forma a refinar e/ou repensar os modelos aqui utilizados, considerando as dificuldades

enfrentadas;

- desenvolver um software que gerencie a aplicação da metodologia através de um sistema local;
- desenvolver um software que gerencie a aplicação da metodologia através de uma conexão com a Internet, onde os especialistas possam ser consultados sem a necessidade das entrevistas;
- reunir diversos especialistas (por exemplo o “Fórum Paulista de Ciência e Tecnologia em Reciclagem em Resíduos”), diversos geradores de resíduos e indústrias potencialmente consumidoras, de forma a desenvolver um projeto piloto para estabelecer um órgão de apoio e fornecimento de tecnologia à reciclagem de resíduos, com base na aplicação desta metodologia.

ANEXO A
O MECANISMO DA LIXIVIAÇÃO

A lixiviação pode ser definida, de uma forma simplificada, como o mecanismo pelo qual um líquido, ao percolar ou ao entrar em contato com um meio sólido, retira substâncias presentes naquele meio.

Para uma análise mais detalhada de como este mecanismo funciona, 2 conceitos físico-químicos importantes são apresentados abaixo:

Solubilidade: quando os sólidos - soluto - entram em contato com um líquido, alguns de seus constituintes tendem a se dissolver em diferentes intensidades (VAN DER SLOOT et al., 1997). O grau de dissolução individual destes constituintes com o líquido - solvente - denomina-se solubilidade do elemento químico. Ela é geralmente medida em mg/l (ou ppm) e é função da temperatura e de particularidades químicas de cada espécie. Todos materiais são solúveis em algum grau (LAGREGA ET AL et al, 1994).

Difusão: é o fenômeno pelo qual, contaminantes no ar e na água tendem a se mover de áreas de alta concentração para áreas de baixa concentração. A difusão pode ser definida como o movimento de um contaminante sobre a influência do gradiente de concentração (LAGREGA et al, 1994). É o principal mecanismo da lixiviação nos materiais de construção (VAN DER SLOOT et al., 1997).

O MECANISMO DA LIXIVIAÇÃO

Quando um líquido atinge uma massa de material sólido permeável, ele é inicialmente absorvido pelos componentes dessa massa. Ao atingir o limite de absorção de cada um destes constituintes, o líquido passa a se mover pela massa sólida por gravidade, ação capilar, difusão de vapor, ou pela resultante das forças que atue no sistema⁹⁸. A este processo de movimentação, chamamos de percolação - passagem de um líquido através de um material sólido⁹⁹. Ao passar através e ao redor das partículas que constituem o sólido, alguns dos elementos químicos presentes em suas partículas podem ser transferidos para o líquido percolado. Esse mecanismo no qual o líquido percola pela matéria sólida e carrega elementos - antes pertencentes aos sólidos - é denominado de

⁹⁸ Pode-se considerar forças externas como a ação do vento.

⁹⁹ O processo de percolação em materiais de permeabilidade elevada é descrito pela Lei de Darcy (VAN DER SLOOT et al., 1997).

lixiviação (LAGREGA et al, 1994, e VAN DER SLOOT et al, 1997).

No entanto, a lixiviação não ocorre apenas em materiais particulares. O mecanismo pode também ocorrer na ausência da percolação, pela simples presença de água nos poros do material. Estruturas monolíticas como peças de concreto submersas ou em contato com o lençol freático podem ser lixiviadas em suas regiões superficiais, de acordo com VAN DER WEGEN e VAN DER PLAS (1994). Segundo os autores, o fenômeno da difusão comanda o processo nestes locais (lei de Fick), tornando a concentração de elementos lixiviados decrescente quanto mais se aproxima de suas superfícies.

Assim, o processo no qual os elementos químicos transferem-se do material sólido para o líquido, ocorre quando:

- o elemento químico do material sólido for dissolvido pelo líquido percolante (dissolução);
- o líquido “lavar” a superfície do sólido, carregando elementos ali depositados, ou
- os elementos passam do sólido para o líquido através da difusão: processo espontâneo de transporte de massa num sistema físico-químico, por efeito de gradientes de concentração.

A concentração de elementos no líquido percolado depende da quantidade de material lixiviável no material sólido, da facilidade de transferência de massa e da pressão da água percolada (altura da massa percolada, forças que atuam no sistema, etc.) (LAGREGA et al, 1994).

FATORES QUE INFLUENCIAM A LIXIVIAÇÃO

São várias as propriedades físicas, químicas e biológicas, tanto do material sólido como do líquido percolado em seu interior, que influenciam o processo de lixiviação. Por isso, os mecanismos aí envolvidos precisam ser considerados na seleção e avaliação dos testes utilizados para medi-la (LAGREGA et al, 1994).

Muitas vezes, os procedimentos utilizados interferem negativamente nos resultados da medição, gerando dados que não representam a situação real do que se pretende determinar. Conforme observa VAN DER SLOOT et al. (1994), os métodos utilizados

para se medir a quantidade máxima de material lixiviado, por exemplo, indicam que o material seja moído a granulometrias bem finas. Isto não reflete o comportamento real de um resíduo encapsulado, pois os benefícios conseguidos por este processo são perdidos na moagem, conforme BAUR et al. (2000).

Segundo VAN DER SLOOT et al. (1994 e 1997) são os seguintes os típicos fatores que influenciam a lixiviação:

Fatores físicos: a área específica do sólido exposto à lixiviação; a forma geométrica e o tamanho do sistema afetado pela lixiviação (principalmente nos processos de difusão); a homogeneidade ou heterogeneidade da matriz sólida (em termos de fases minerais); o tempo de contato e a duração da agitação; a temperatura durante a lixiviação; a porosidade e a permeabilidade da matriz sólida; a taxa de escoamento do lixiviante e as condições hidrogeológicas do local.

Fatores químicos: o pH do lixiviante; o pH do material sólido e do ambiente local (efeitos CO₂); a relação lixiviante/ sólido; o potencial das substâncias serem lixiviadas (solubilidade; cinéticas das reações, forças de aderência do material); o tipo de lixiviante (água destilada, ácido acético, chuva ácida simulada, água do mar, etc.); potencial redox do material ou o imposto pelo meio; processos de adsorção; fatores biológicos capazes de afetar o pH, o potencial redox e as interações com a matéria orgânica.

A seguir serão discutidos os principais fatores que exercem influência na lixiviação.

Tempo

Embora não se tenha conseguido extrair nenhuma regra da relação *quantidade lixiviada x tempo* (aumenta para algumas substâncias, diminui para outras e permanece constante para outras), observou-se que entre 1 e 4 horas, geralmente, a taxa mais elevada de materiais lixiviados já pode ser detectada, quando se trabalha com lixiviação de metais pesados (HOHBERG e RANKERS, 1994).

Grau de saturação

Os testes de lixiviação são geralmente executados sob condições de saturação, que nem sempre condizem com a condição real de campo. Segundo VAN DER SLOOT et al. (1997) sob condições insaturadas os materiais são expostos à neutralização por CO₂ e

oxidação por O_2 , o que implica que as concentrações na água dos poros da estrutura são muito maiores do que as obtidas na maioria dos testes de batelada (o "column test" simula bem este processo). As condições insaturadas de campo geram, portanto, um pH muito menor e um potencial redox muito maior do que nos ensaios. No caso da lixiviação ser controlada por fenômenos de difusão, condições insaturadas reduzem o transporte de substâncias no processo.

pH

De acordo com LAGREGA et al (1994), a relação da lixiviação de metais com os valores de pH está diretamente ligada com a sua solubilidade. A maioria dos metais sofrem uma redução na sua solubilidade com o aumento do pH até mais ou menos 9 e 11, quando a solubilidade tende a crescer novamente (HOHBERG e RANKERS, 1994).

No entanto, há espécies que também encontram condições propícias para serem lixiviados em pH neutros, como o vanádio, o molibdênio, e outros ainda não mostram dependência ao pH, como o sódio e o cloreto (VAN DER SLOOT et al., 1997). Segundo o autor, muitos testes de lixiviação não controlam o pH, que fica sujeito ao tipo de material submetido. Quando o sistema é exposto à atmosfera o pH da solução fica totalmente vulnerável às concentrações do CO_2 atmosférico. Por isto, os testes em condições fechadas reproduzem melhor as condições reais de lixiviação.

Tamanho do grão

Segundo HOHBERG e RANKERS (1994) a lixiviação aumenta com a diminuição do tamanho dos grãos do material a ser lixiviado, no entanto, granulometrias muito pequenas podem também favorecer a velocidade de formação de compostos insolúveis de alguns elementos, como por exemplo, o arsênio. Quanto maior a área por massa ou volume, mais favorecida será a dissolução dos compostos da superfície dos sólidos (VAN DER SLOOT et al., 1997).

ANEXO B
ESPECIALISTAS CONSULTADOS

Durante o desenvolvimento deste trabalho vários especialistas participaram de “*brain storms*” discussões, análises de critérios de desempenho, critérios ambientais e de saúde ocupacional, critérios econômicos e de mercado.

Outros profissionais e especialistas participaram das classificações ambientais de aspectos e impactos, análises da probabilidade de ocorrência e gravidade de danos a saúde. Finalmente houve ainda os especialistas consultados no estudo de caso.

A seguir são listados todos esses profissionais e especialistas que colaboraram para a realização desta pesquisa.

- Camila F. P. Calderon (ICB/ USP): especialista da área farmacéutica;
- Elaine Ruby (CETESB): especialista em meio ambiente;
- Luzia Cristina de Oliveira: especialista da área médica;
- Mara Rubia Schiavi (Bureau Veritas): consultora ambiental;
- Maria Dorotéa Queiroz Godini (Bureau Veritas): especialista em Sistemas de Saúde e Segurança Ocupacional;
- Melissa Rocco de Oliveira (Bureau Veritas): consultora ambiental;
- Natália P. Taschner (ICB/ USP): especialista da área de ciências biomédicas;
- Patrícia T. Goldenstein: especialista da área médica;
- Prof. Cláudio Sbrighi Neto (IPT e FAAP): especialista da área de agregados para concreto;
- Prof. Dr. Antonio Carlos Vieira Coelho (POLI/ USP): especialista da área de materiais cerâmicos;
- Prof. Dr. Arlindo Philippi Junior (FSP/ USP): especialista da área de Saúde Pública;
- Prof. Dr. Beny Spira (ICB/USP): especialista da área de genética;
- Prof. Dr. Cyro Takano (POLI/ USP): especialista da área de metalurgia;
- Prof. Dr. Douglas Gouvea (POLI/ USP): especialista da área de materiais cerâmicos;
- Prof. Dr. Gil Anderi da Silva (PQ/ USP): especialista em Análise do Ciclo de Vida;
- Prof. Dr. Henrique Kahn (POLI/ USP): especialista da área de caracterização

tecnológica de recursos minerais;

- Prof. Dr. Ivanildo Hespanhol (PHD/ USP): especialista da área de Águas e Meio Ambiente;
- Prof. Dr. Jacyr Pasternak (Hospital Albert Einstein): área da área de infectologia e hematologia;
- Prof. Dr. Luiz Roberto Tommasi (Fundespa; IO/ USP): especialista em Avaliações Ambientais;
- Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza (PCC/ USP e CDHU): especialista em gestão de processos na construção civil;
- Prof. Dr. Vagner Maringolo (ABCP): especialista em aglomerantes e co-processamento;
- Prof. Dr. Vladimir Antônio Paulon (FEC/ UNICAMP): especialista em concretos;
- Prof. Dr. Yushiro Kihara (ABCP): especialista em aglomerantes e co-processamento;
- Prof. Dr. Vanderley Moacyr John (PCC/ USP): especialista em reciclagem de resíduos;
- Prof. Luiz A. Abdalla de Moura (Centro Tecnológico da Marinha): especialista em análises econômicas e ambientais;
- Profa. Dra. Eliane Monetti: (PCC/ USP): especialista da área de avaliações econômico-financeiras;
- Profa. Dra. Liedi Legi Bariani Bernucci (POLI/ USP): especialista em materiais para pavimentação;
- Profa. Dra. Maria Alba Cincotto (PCC/ USP): especialista em aglomerantes e argamassas;
- Profa. Dra. Suzana Pasternak (FAU FSP/ USP): especialista da área de Saúde Pública;
- Rodrigo Teixeira (Bureau Veritas): consultor ambiental;
- Valdecir Angelo Quarcioni (IPT): especialista em química de aglomerantes;

ANEXO C
CENÁRIOS PARA AVALIAÇÃO DA LIXIVIAÇÃO
NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS – P&D

Diante da grande quantidade de métodos de avaliação da lixiviação e da enorme variabilidade existente nos resultados que eles fornecem, a comunidade científica mundial que se utiliza desse processo, é praticamente consensual no sentido de que há a necessidade de se desenvolver métodos universais padronizados de avaliação da lixiviação (HEBATPURIA, 1999), (EZZ-ELDIN, 2001), (VEGLIÒ, 2001), onde sejam considerados três pontos básicos:

- 1) os parâmetros que influenciam na lixiviação (tempo de lixiviação, tamanho dos grãos, pH, tipo de lixiviante, etc.);
- 2) as diferentes necessidades de avaliação (lixiviação máxima possível, lixiviação em condições reais, etc.), e
- 3) a quantidade de lixiviado em função da quantidade total de elementos presentes nas amostras (evitando-se assim que resíduos diluídos tenham privilégios sobre os concentrados).

A definição de um método universal, no entanto, não é uma tarefa simples. Vários especialistas em lixiviação vêm há mais de uma década trabalhando na análise da aplicabilidade e confiabilidade dos métodos já existente e os resultados são lentos, até mesmo pelo tempo natural de ocorrência da lixiviação em condições normais. O desenvolvimento e a aprovação de novos métodos universais seria igualmente demorado e custoso.

Enquanto este impasse permanece, muitas pesquisas de análise da lixiviação em materiais reciclados continuam sendo feitas sem o rigor necessário para simular as condições de campo, que são diferentes dependendo da fase da vida do resíduo reciclado. Isto é crítico considerando os riscos ao homem e ao meio ambiente que geralmente estão envolvidos com a lixiviação de contaminantes.

Neste cenário, uma metodologia que analise o potencial de lixiviação em resíduos reciclados considerando todo o seu ciclo de vida e também as diferentes formas em que o resíduo se encontra, permitindo que seja simulada da melhor forma possível a condição de campo, é extremamente útil na tentativa de diminuir os erros obtidos por pesquisas feitas sem o rigor necessário. O potencial de lixiviação de um resíduo é um aspecto ambiental que pode gerar graves impactos ao meio ambiente, incluindo principalmente os recursos hídricos e o próprio homem.

Os estudos de reciclagem de resíduos geralmente utilizam um único ensaio como forma de análise do potencial de lixiviação do produto confeccionado na reciclagem, o que, na maioria das vezes, não reflete as condições reais pelas quais este produto vai enfrentar, conforme visto na revisão bibliográfica sobre os ensaios de lixiviação.

Desta forma, propõe-se aqui um método de avaliação do potencial de lixiviação de resíduos reciclados considerando na análise todas as etapas do ciclo de vida do sistema de reciclagem e os respectivos estados do resíduo em cada uma das fases do ciclo.

Para analisar as etapas onde a lixiviação pode ocorrer no ciclo do processo de reciclagem de um resíduo definiu-se um processo genérico, com etapas que podem existir em qualquer tipo de processo.

SITUAÇÕES POTENCIAIS PARA A OCORRÊNCIA DA LIXIVIAÇÃO

Analisando os tipos de processos que podem existir num sistema de reciclagem verifica-se que as atividades onde a lixiviação pode ocorrer são:

- a) carga/ descarga do resíduo;
- b) operações de transporte;
- c) armazenamento (transformação/ confecção e uso);
- d) uso do produto (resíduo já reciclado);
- e) demolição.

Caso a lixiviação ocorra nas etapas de carga/ descarga ou de transporte, ela se dará da mesma forma que no armazenamento - no que se refere às condições físico-químicas do resíduo. Além disso, as condições externas que influenciam o processo tendem a ser mais significativas no armazenamento, visto que:

- o tempo de ocorrência da atividade de armazenamento é, em geral, bem maior do que a de operação de carga e descarga;
- as operações de transporte de resíduos tendem a ocorrer de forma mais controlada e também protegida das águas pluviais (Legislação de transporte de resíduos perigosos);

Portanto, considera-se que dentre as três primeiras possibilidades de ocorrência (a, b, c) a lixiviação na atividade de armazenamento é a mais significativa e representa satisfatoriamente o caso potencial mais agressivo.

Assim, as atividades consideradas significativas para avaliar a ocorrência da lixiviação são: (1) o armazenamento, (2) o uso e (3) a demolição. Nestas atividades, a lixiviação pode ocorrer quando o resíduo estiver na condição de:

- a) resíduo originalmente gerado; → *no ARMAZENAMENTO*
- b) resíduo transformado¹⁰⁰; → *no ARMAZENAMENTO*
- c) produto¹⁰¹; → *no USO*
- d) produto demolido. → *na DEMOLIÇÃO*

ENSAIOS PROPOSTOS

Dessa forma, a metodologia propõe 3 tipos de ensaios de lixiviação: o primeiro no resíduo com características antes da utilização (situação a ou b); o segundo simulando a situação real de uso (situação c); e o terceiro no produto demolido (situação d).

Ensaio 1 (Column Test)

A primeira condição a ser examinada, portanto, apresenta o resíduo armazenado, à espera de ser utilizado. Neste caso, o estado mais crítico de lixiviação é caracterizado pela percolação de eventuais águas pluviais que atingem o resíduo, ou pela percolação de líquidos de sua própria constituição.

Assim, considera-se conveniente nesta primeira avaliação um ensaio de lixiviação que simule as condições do material sob exposição à precipitação contínua. Além disso, como a condição mais agressiva seria a precipitação de chuvas ácidas (GIESEKKE et al., 2000), recomenda-se utilizar um pH que simule esta situação, por exemplo, água carbonatada com pH em torno de 5,2.

Um ensaio dentro destes parâmetros é o teste de lixiviação "tipo coluna", no modelo do

¹⁰⁰ Após ele passar por alguma atividade de transformação.

¹⁰¹ Após o resíduo ser reciclado.

especificado pela norma holandesa NEN 7343 (NNI, 1995b), que simula a lixiviação em resíduos minerais no curto e no médio prazo (<50 anos).

O ensaio avalia 7 amostras num período total de 21 dias, aproximadamente. A relação líquido/ sólido é de 1,0-10L/kg. Como lixiviante é usada água demineralizada ajustada inicialmente a um pH=4 com HNO₃. O pH não é controlado ao longo do ensaio. A granulometria do material precisa ser inferior a 4mm. O líquido é aplicado num fluxo ascendente através de uma coluna de 20cm de resíduo e com num diâmetro de 5cm (VAN DER SLOOT et al., 1997).

Ensaio 2 (Tank Test)

Neste segundo ensaio o objetivo é avaliar a possibilidade de lixiviação do resíduo reciclado, durante o seu uso. Considera-se que a condição mais crítica nesta fase ocorre no caso do produto (resíduo reciclado) entrar em contato com o lençol freático¹⁰².

Esta situação pode ocorrer de duas formas: (a) uma para materiais usados em estruturas monolíticas, ligados ou ligando outros componentes, por exemplo, argamassas, concretos, compósitos, etc.; e (b) outra, para materiais usados isoladamente ou de forma não monolítica, como é o caso de sub-base de pavimentação, material para drenagem, material para aterro, etc.

Se a primeira hipótese ocorrer (monolíticas), considera-se que o ideal seja um ensaio de lixiviação de imersão para estrutura monolítica, nos moldes da norma holandesa NEN 7345 (NNI, 1993), utilizada pela Comunidade Européia.

Nesta norma, o lixiviante normalmente usado é a água demineralizada – acidificada ou não. Para algumas situações utiliza-se água enriquecida com dióxido de carbono, por exemplo, para investigar a influencia de águas agressivas na lixiviação de argamassas e concretos (VAN DER SLOOT et al., 1994).

Caso o emprego do resíduo seja em estruturas não monolíticas deve-se usar um ensaio

¹⁰² A outra possibilidade que seria a lixiviação dos materiais devido a ciclos de molhagem e secagem quando expostos às águas pluviais, conforme exposto por VAN DER WEGEN e VAN DER PLAS (1994), não será aqui considerado, pois as pesquisas são novas nesta área.

ou situações de contorno que melhor se aproximem da realidade. Indica-se um ensaio de imersão (*tank test*) para materiais granulares compactados, nos moldes do projeto da norma holandesa NNI (1994).

No caso do uso estar relacionado com estruturas monolíticas produzidas com aglomerantes minerais, recomenda-se que o ensaio seja realizado em corpos de prova carbonatados (VAN DER SLOOT et al., 1994), pois, em geral, a lixiviação aumenta nestes casos, devido à decomposição da etringita (VALLS e VÁZQUEZ, 2000).

Ensaio 3 (Teste de Extração)

A terceira situação a ser examinada representa o resíduo gerado após a vida útil do produto. As condições a que o resíduo estará sujeito neste caso são difíceis de se prever e podem ser desde as mais controladas e amenas – do ponto de vista do impacto ambiental – até às mais descontroladas e agressivas. Em virtude do cenário desconhecido, considera-se importante adotar um ensaio que possa determinar a capacidade máxima de lixiviação no resíduo gerado; tal situação pode ser atendida pelos ensaios de extração (*batch test*).

Indica-se aqui um teste de lixiviação no modelo do ensaio holandês NEN 7341 (NNI, 1995a) que deve ser aplicado no produto demolido, simulando a situação real. O ensaio avalia a condição de máxima lixiviabilidade.

Neste teste o resíduo é moído em granulometria inferior a 125 μ m e o extrato lixiviado é extraído em duas etapas, numa relação líquido/sólido = 50L/kg com água demineralizada com pH = 7 (primeira extração) e pH = 4 (segunda extração). O pH é mantido constante durante o ensaio, pela adição do HNO₃ ou do NaOH. O tempo do contato em cada extração é 3 horas. Os dois extratos são combinados antes da análise (VAN DER SLOOT et al., 1997).

MOMENTO E SEQÜÊNCIA DE APLICAÇÃO DOS ENSAIOS

Um ponto crítico deste procedimento para a análise da lixiviação no resíduo, diz respeito ao momento e à ordem em que os ensaios deverão ser executados. Desta forma, adotou-se a seguinte seqüência:

Quando o resíduo for reciclado na confecção de componentes construtivos, como blocos ou tijolos, o *Ensaio 1* deve ser realizado no material ainda como resíduo, ou seja, antes que ele seja transformado no componente. No entanto, se antes disso, houver algum processo de tratamento ou transformação no resíduo, o ensaio deve ser feito entre estas atividades, conforme mostra a Figura 38. Quanto ao *Ensaio 2* e ao *Ensaio 3* eles devem ser realizados conforme já especificado, simulando a condição de uso e de produto demolido, respectivamente.

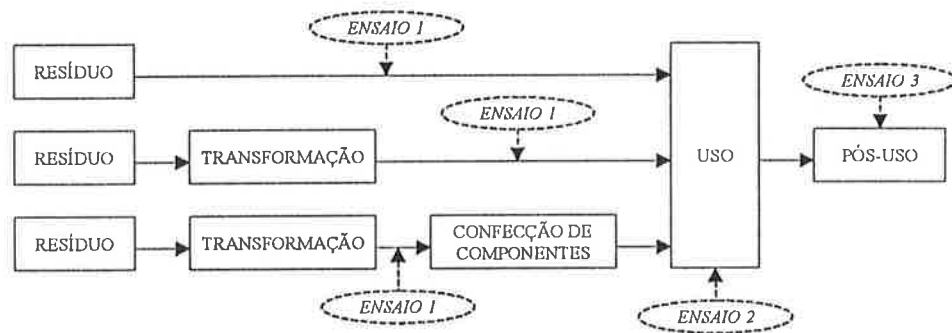
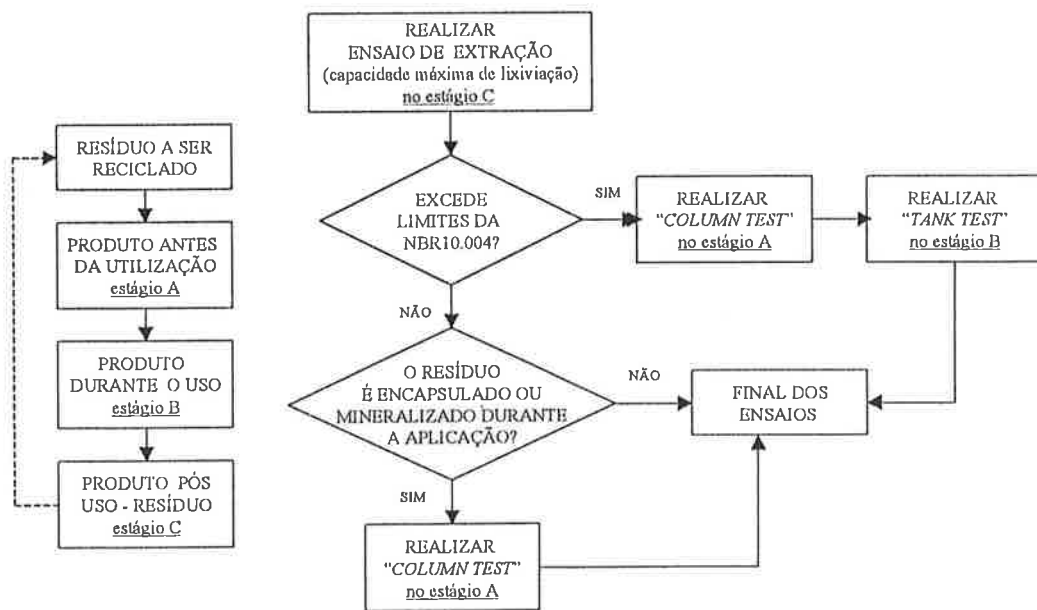


Figura 38 - Momento de aplicação dos ensaios de lixiviação

Já em relação à seqüência dos ensaios, propõe-se que se obedeça a ordem da Figura 39.



A) Estágios do processo

B) Seqüência dos ensaios

Figura 39 - Seqüência dos ensaios de lixiviação

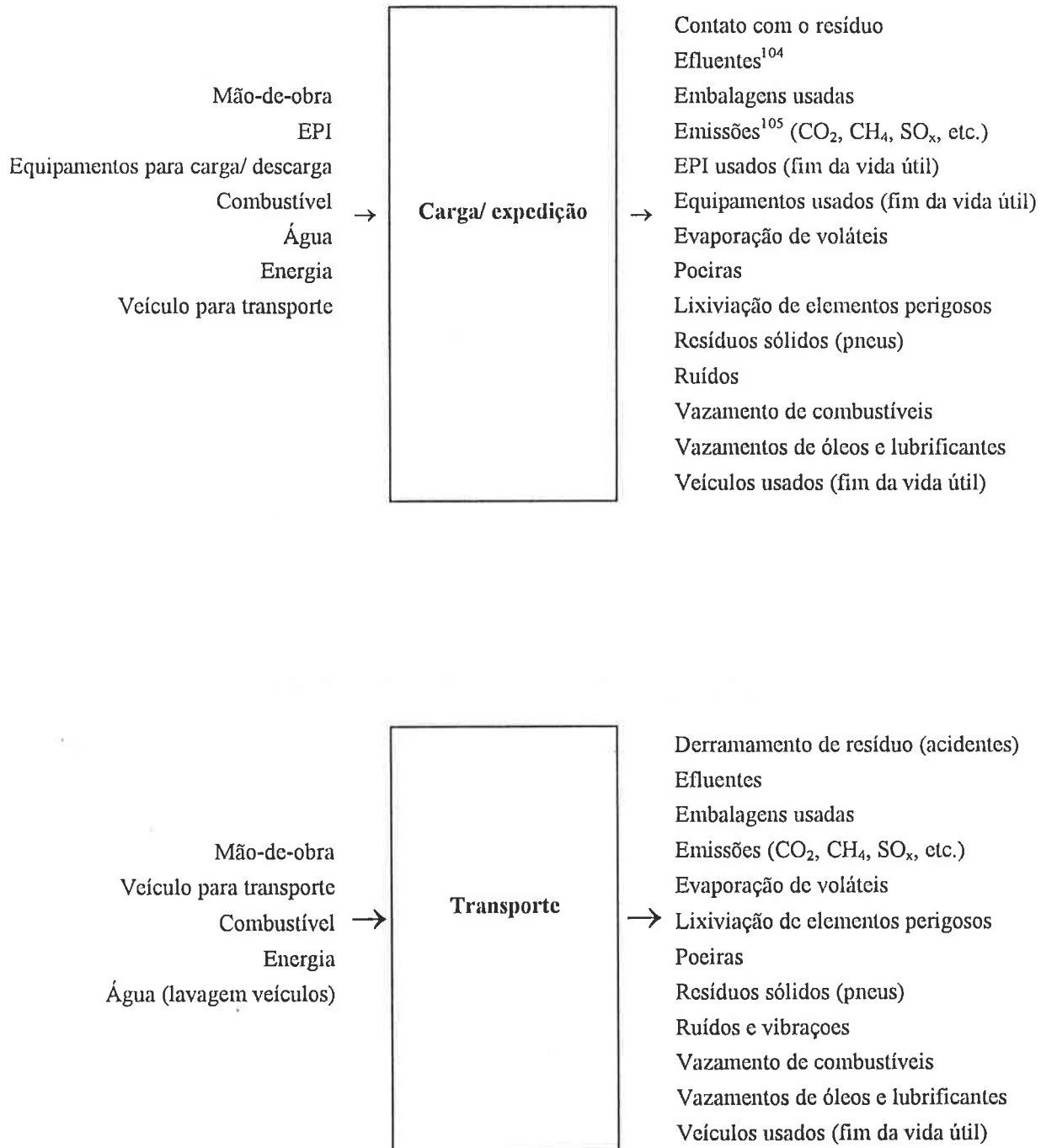
O primeiro ensaio a ser realizado deve avaliar a capacidade máxima de lixiviação do material, fornecida pelo ensaio de extração (*Ensaio 3*). No caso das concentrações obtidas não ultrapassarem os limites estabelecidos¹⁰³ pela NBR10.004 (ABNT, 1987), e do produto (resíduo reciclado) não sofrer encapsulamento ou solidificação, o *Ensaio 1* e o *Ensaio 2* são dispensados, por considerar-se que a situação simulada no *Ensaio 3* é a mais crítica (para este caso).

Caso os limites não sejam excedidos mas o produto sofra algum tipo de encapsulamento ou mineralização, o *Ensaio 1* deve ser realizado (e o *Ensaio 2*, dispensado) considerando-se a possibilidade de liberação de maior quantidade de contaminantes antes do encapsulamento/ mineralização ser realizado.

Caso o ensaio 3 (extração) indique uma concentração superior aos limites da NBR10.004, então, o ensaio 1 e o ensaio 2 devem ser realizados, pois, como o ensaio 3 é o da situação mais crítica, é possível que no estágio A ou no estágio B (Figura 39), o processo não gere impacto através da lixiviação (o que será verificado pelos ensaios 1 e 2).

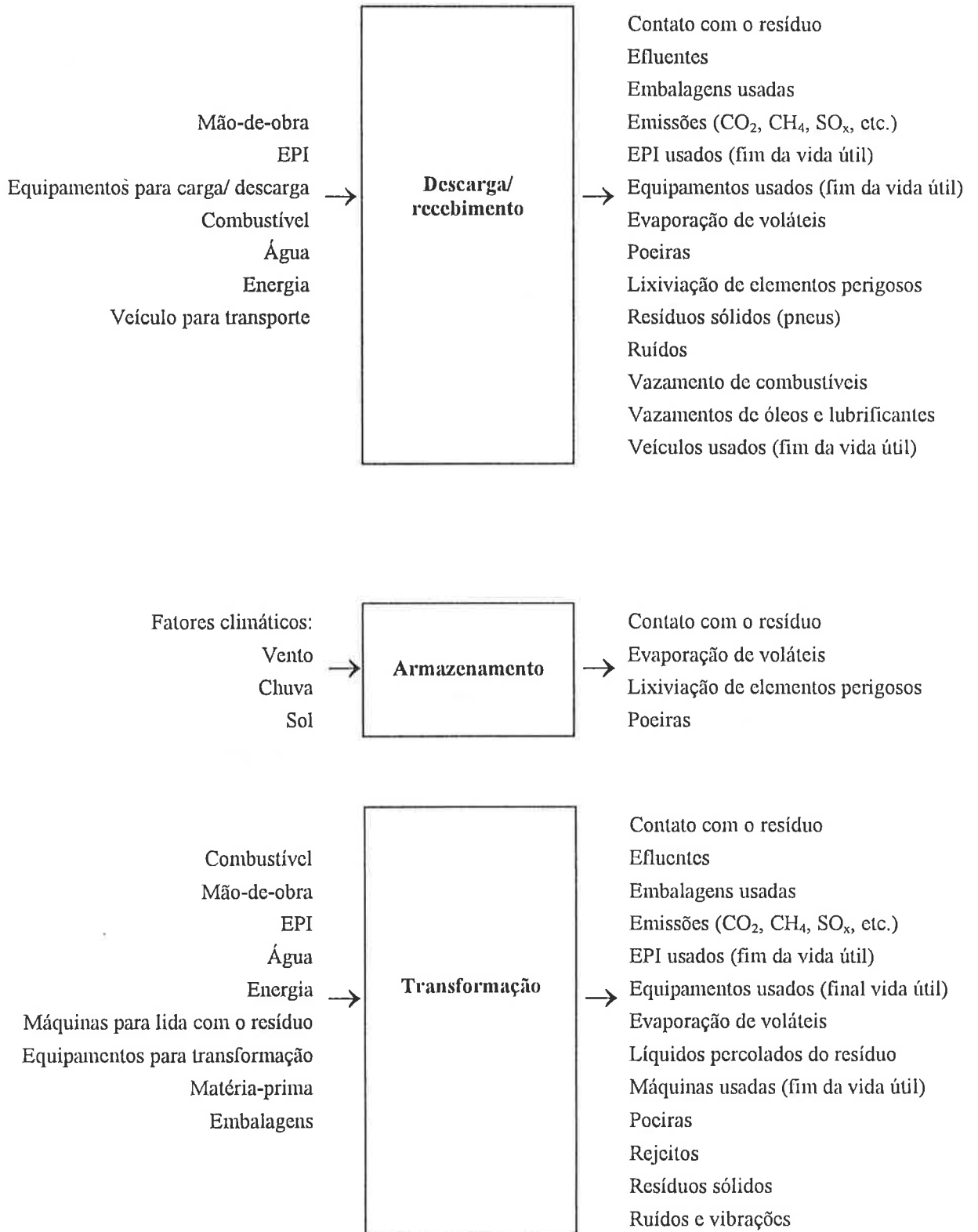
¹⁰³ Listagem nº 7 - Anexo G - Limites baseados nos padrões de potabilidade da água.

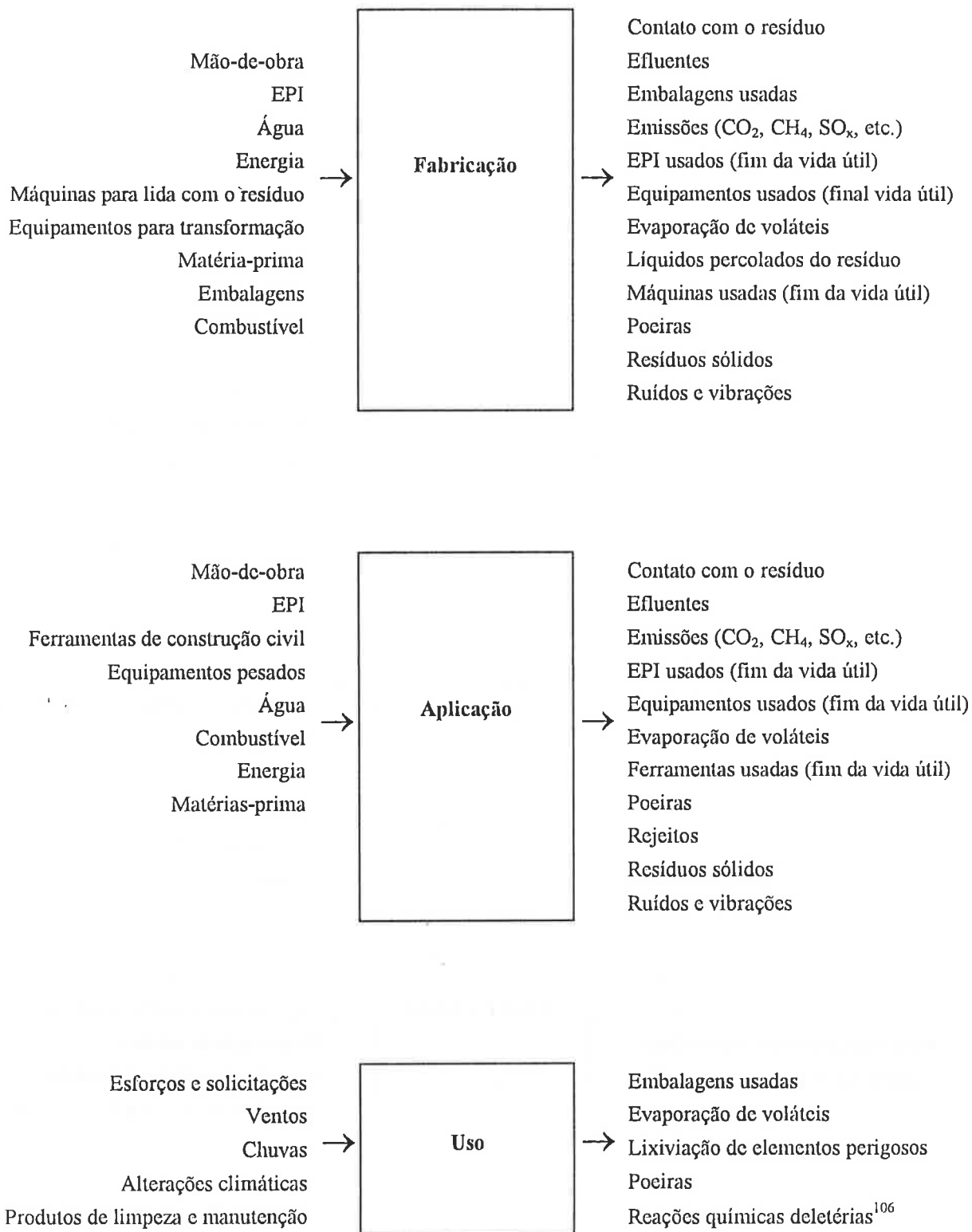
ANEXO D
ANÁLISE DO INVENTÁRIO



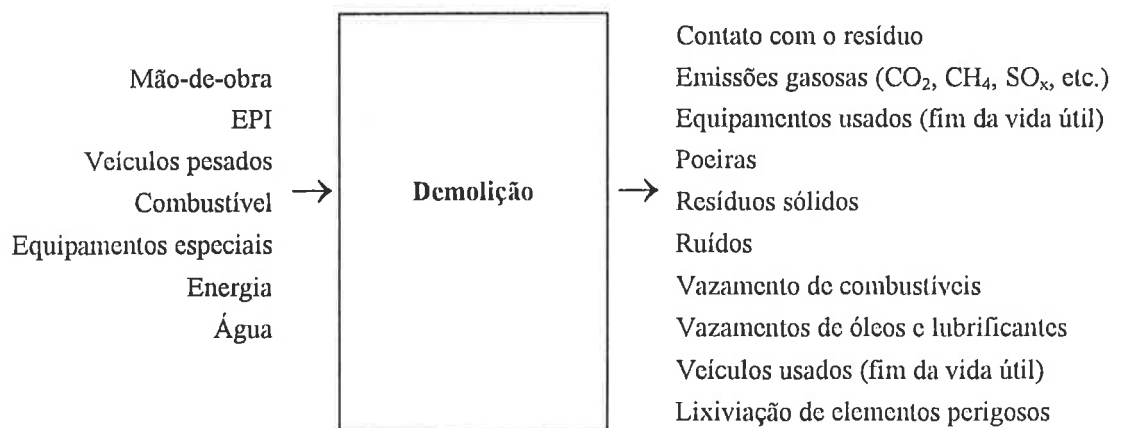
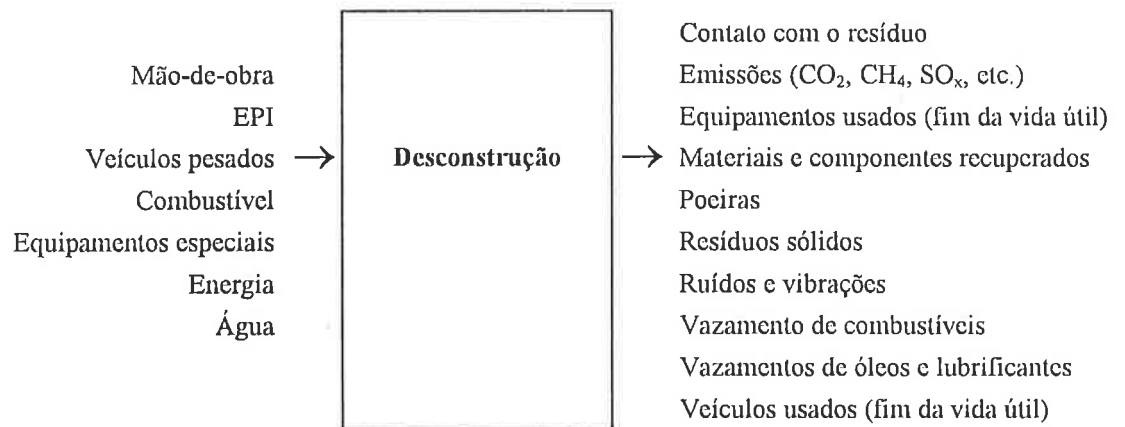
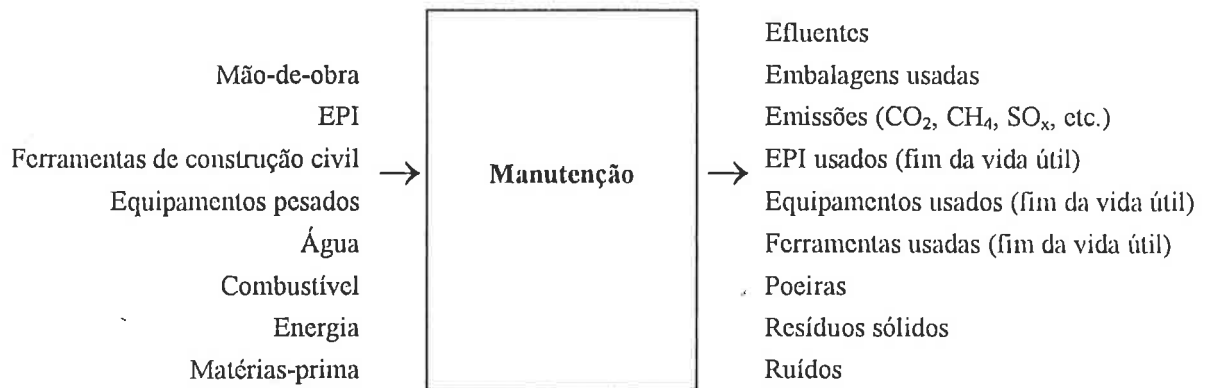
¹⁰⁴ Representam descargas líquidas.

¹⁰⁵ Representam descargas gasosas.





¹⁰⁶ Seja pela ação de fatores naturais como ciclos molhagem-secagem (chuvas) ou pela ação de produtos de limpeza.



ANEXO E
EXEMPLOS DE OCORRÊNCIA DE ASPECTOS E
IMPACTOS AMBIENTAIS

ASPECTO	IMPACTO ASSOCIADO	OCORRÊNCIAS
Consumo de água doce	DFE	Desmatamentos e deslocamento de animais durante a extração dos recursos; intoxicação e contaminação pelos efluentes gerados
	DQA	Poluição e contaminação da água pelos efluentes gerados;
	DQS	Diminuição da produtividade do solo pela redução dos cursos d'água (secas);
	ERN	Redução das reservas de água doce (rios, lagos, represas);
	PBD	Degradação de espécies animais e vegetais pelos efluentes gerados
Consumo de matéria-prima	DFE	Desmatamentos e deslocamento de animais durante a extração dos recursos;
	DQA	Assoreamento causado pela desproteção do solo na extração (erosão) e poluição da água pelos resíduos gerados na produção;
	DQS	Remoção da proteção do solo (extração); deposição de resíduos (produção); acidificação do solo (uso);
	ERN	Redução dos recursos naturais não renováveis como as jazidas minerais;
	PBD	Eliminação de espécies animais e vegetais durante a extração dos recursos
Consumo de combustíveis	AEE	Emissão de CO ₂ e outros gases durante o uso de combustíveis (combustão)
	DFE	Desmatamentos e deslocamento de espécies animais durante a extração; liberação de gases tóxicos durante o uso (combustão);
	DQS	Remoção da proteção do solo (extração); deposição de resíduos (produção); acidificação do solo (uso);
	ERN	Redução dos recursos energéticos não renováveis;
	SIF	A emissão de SO ₂ , NO _x , CO, hidrocarbonetos voláteis e particulados, gerando o smog fotoquímico e industrial.
Consumo de energia	AEE	Emissão de metano (hidrelétricas), CO ₂ , particulados (termoelétricas) e outros gases estufa durante a geração de energia.
	DFE	Desmatamentos, alagamentos, e deslocamento de animais (instalação); gases e resíduos gerados na produção de energia.
	DQAr	Emissão de SO _x , NO _x , CO ₂ (termoelétricas), metano (hidrelétricas) e radiações (nucleares);
	ERN	Redução dos recursos naturais não renováveis (gás natural, carvão, água doce, minérios radioativos).
	PBD	Eliminação de espécies animais e vegetais (inundação: hidroelétricas; extração de recursos: termoelétricas)

ASPECTO	IMPACTO ASSOCIADO	OCORRÊNCIAS
Geração de efluentes	DFE	Carga orgânica e contaminantes presentes nos efluentes causando danos a plantas e animais.
	DP	Efluentes com materiais inorgânicos causando assoreamento de cursos d'água, entupimento de bueiros, enchentes.
	DQA	Carga orgânica ou contaminantes nos efluentes alterando os padrões de qualidade dos cursos d'água.
	DQAr	Efluentes contendo carga orgânica liberam gases na decomposição (metano, CO ₂) ou emitindo compostos químicos voláteis.
	DQS	Efluentes contendo material inorgânico, orgânico ou elementos perigosos, poluindo ou contaminando o solo.
	PV	Alteração da cor e turbidez dos cursos d'água.
	CLF	Efluentes contaminados se infiltram no solo e contaminam o lençol.
	PBD	Contaminação e/ou poluição dos cursos d'água, eliminando ou comprometendo espécies animais e vegetais
Geração de emissões (CO ₂ , SO _x , poeiras, particulados, etc.)	AEE	A emissão de gases como CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O e halocarbonos aumentam o efeito estufa na atmosfera do planeta.
	DFE	Chuva ácida causando efeitos nocivos à vegetação e à vida animal.
	DP	Chuva ácida degradando imóveis (materiais de construção), automóveis, monumentos históricos, etc.
	DQAr	Gases, poeiras e particulados alterando a qualidade do ar, diminuição da visibilidade e gerando odores.
	SIF	A emissão de SO ₂ , NO _x , CO, hidrocarbonetos voláteis e particulados, gerando o smog fotoquímico e industrial.
Geração de resíduos sólidos	DFE	Carga orgânica e contaminantes presentes nos resíduos, causando danos a plantas e animais.
	DQA	Carga orgânica ou contaminantes nos resíduos jogados nos cursos d'água alterando os padrões de qualidade.
	DQAr	Resíduos contendo carga orgânica liberam gases na decomposição (metano, CO ₂) ou emitindo compostos químicos voláteis.
	DQS	Resíduos contendo material inorgânico, orgânico ou elementos perigosos, poluindo ou contaminando o solo.
	PV	Resíduos sendo depositados de forma não apropriada (terrenos baldios, lixões, etc.), causando desconforto visual.
Geração de ruídos	DFE	Efeito do som ou da vibração sobre as plantas e os animais.
	DP	Vibrações causando danos à construções e equipamentos.
	PBD	Influência negativa no sistema reprodutivo dos animais.

ASPECTO	IMPACTO ASSOCIADO	OCORRÊNCIAS
	PS	Alteração do nível de ruídos no local.
Lixiviação de elementos perigosos ¹⁰⁷	CLF	Elementos perigosos lixiviados atingem o lençol freático através do solo ou dos cursos d'água.
	DFP	Elementos lixiviados entram em contato com plantas e animais em águas superficiais.
	DQA	Elementos perigosos lixiviados do resíduo atingem os cursos d'água.
	DQS	Elementos perigosos lixiviados do resíduo atingem o solo.
	ERN	Diminuição da quantidade de água subterrânea potável.

¹⁰⁷ Elementos lixiviados do resíduo ou do produto reciclado

ANEXO F
AUXÍLIO NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE
OCORRÊNCIA DOS ASPECTOS

Auxílio na avaliação do potencial de ocorrência dos aspectos

ASPECTO	INDICADORES
Consumo de água doce	Processos de lavagem ¹⁰⁸
	Processos de separação de fases ¹⁰⁹
	Processos químicos ¹¹⁰
	Processos de instalação/ aplicação ¹¹¹
Consumo de matéria-prima	Processos de mistura ¹¹²
	Processos químicos ¹¹³
	Processos de instalação/ aplicação
	Atividades de manutenção ¹¹⁴
Consumo de combustíveis	Atividades de transporte ¹¹⁵
	Atividades de carga/ descarga ¹¹⁶
	Processos de combustão ¹¹⁷
	Processos de instalação/ aplicação ¹¹⁸
Consumo de energia	Processos de peneiramento
	Processos de britagem e moagem
	Processos de conformação
	Processos térmicos ¹¹⁹
	Processos de mistura ¹²⁰
	Processos de montagem
	Processos de corte/ moldagem
	Processos de instalação/ aplicação ¹²¹
Processos de acabamento	

¹⁰⁸ Lavagens do resíduos, matérias-primas ou de materiais/ equipamentos/ veículos utilizados.

¹⁰⁹ Separação de fases do resíduo por via úmida.

¹¹⁰ Processos de hidratação, dissolução, etc.

¹¹¹ Instalação ou aplicação dos materiais/ produtos confeccionados com o resíduo reciclado (exemplo: espalhamento, regularização e compactação de sub-base para pavimentação).

¹¹² Misturas de outras matérias-primas com o resíduo reciclado (exemplo: argamassas).

¹¹³ Processos de polimerização, neutralização, precipitação, limpeza com produtos químicos, etc.

¹¹⁴ Considerar as necessidades de manutenção durante toda a vida útil do material/ produto.

¹¹⁵ Considerar o tipo de transporte utilizado (consumo) e a distância total de transporte (local coleta → local de transformação → local de confecção → local do consumo).

¹¹⁶ Desde que utilizem máquinas que consumam combustíveis.

¹¹⁷ Fornos, caldeiras, aquecedores, geradores, etc., que utilizem algum tipo de combustível.

¹¹⁸ Carregadeiras, motoniveladoras, compactadores, etc. usados na aplicação do produto reciclado.

¹¹⁹ Estufas, equipamentos de solda ou sistemas de aquecimento que utilizem energia elétrica.

¹²⁰ Betoneiras, misturadores de líquidos ou sólidos mantidos com energia elétrica.

¹²¹ Equipamentos para aplicar o produto reciclado: furadeiras, compressores, lixadeiras, etc.

ASPECTO	INDICADORES
Efluentes	Processos de lavagem
	Processos de mistura
	Processos de separação de fases
	Processos químicos ¹²²
Emissões	Atividades de transporte ¹²³
	Atividades de carga/ descarga
	Processos químicos
	Processos de combustão
Resíduos sólidos	Atividades de transporte ¹²⁴
	Atividades de carga/ descarga
	Processos de separação de fases
	Processos químicos
	Processos de corte
	Processos de instalação/ aplicação
	Atividades de desconstrução/ demolição ¹²⁵
Poeiras ¹²⁶	Atividades de transporte
	Atividades de carga/ descarga
	Atividades de armazenamento
	Processos de britagem e moagem
	Processos de jateamento
	Processos de polimento
	Processos de peneiramento
	Atividades de demolição
Embalagens usadas	Processos de mistura
	Processos químicos
	Processos de instalação/ aplicação
Ruídos	Atividades de transporte ¹²⁷
	Atividades de carga/ descarga
	Processos de britagem
	Processos de polimento
	Processos de peneiramento
Contaminantes lixiviados	Processos de corte
	Uso de matérias-primas perigosas ¹²⁸
	Lixiviação no resíduo (armazenamento)
	Lixiviação no produto reciclado
	Lixiviação no resíduo gerado ¹²⁹

¹²² Processos de dissolução, hidratação, galvanoplastia, etc., que geram efluentes.

¹²³ Considerar o tipo de transporte (emissões geradas) e a distância percorrida.

¹²⁴ Considerar o tipo de transporte (uso de pneus) e a distância total de transporte.

¹²⁵ Desconsiderar o material que poderá ser reutilizável (reuso) – não se transformando em resíduo.

¹²⁶ Considerar a capacidade de geração de poeira do resíduo e das matérias-primas usadas no processo.

¹²⁷ Considerar o tipo de transporte (geração de ruídos) e a distância total de transporte.

¹²⁸ Uso de matérias-primas perigosas no processo (transformação, confecção, aplicação do reciclado).

¹²⁹ Ao final da vida útil do produto reciclado.

ANEXO G
CLASSIFICAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS
AMBIENTAIS

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 1

_ Área: Eng^a agrônoma/ meio ambiente

Local: CETESB - São Paulo

_ Data: 12/05/2003

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	1	2	3	1
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	1
	Degradação da qualidade do solo	1	2	3	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	1	1	3	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	1	3	3	2
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	1	2	3	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Smog industrial e fotoquímico	1	3	3	3
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	1	3	3	1
	Danos à flora e à fauna	1	2	3	1
	Degradação da qualidade do ar	1	3	3	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Geração de efluentes "A"¹³⁰					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	1	2	2	1
	Poluição visual	1	1	2	1

¹³⁰ Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decantação, sedimentação, filtração); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFETO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹³¹					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	1	2	2	2
	Poluição visual	1	1	2	1
Geração de efluentes "C" ¹³²					
	Contaminação do lençol freático	1	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	1	2	3	1
	Degradação da qualidade da água	2	3	3	2
	Degradação da qualidade do solo	1	2	3	2
	Perda de biodiversidade	1	3	3	2
Geração de emissões "air"					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	2
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Smog industrial e fotoquímico	2	2	2	2
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	2
	Poluição visual	1	1	2	1
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	1
	Poluição visual	1	1	2	2
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	1
	Poluição visual	1	1	2	2
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	1	1	2	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Perda da biodiversidade	1	2	2	1
	Poluição sonora	2	1	2	2
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	2
	Esgotamento de recursos naturais	2	3	3	3

¹³¹ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹³² Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 2

_ Área: Eng. Civil/ Espec. meio ambiente

Local: POLI - USP

_ Data: 10/04/2003

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	1	3
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	2	3	3
	Perda da biodiversidade	1	2	3	2
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	1	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Perda da biodiversidade	1	2	3	2
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	1	1	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	2	3	3
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	2
	Danos à flora e à fauna	1	1	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Perda da biodiversidade	2	2	3	2
Geração de efluentes "A"¹³³					
	Danos à flora e à fauna	2	2	1	1
	Danos patrimoniais	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	1	3
	Degradação da qualidade do solo	1	1	1	2
	Poluição visual	2	2	2	3

¹³³ Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decantação, sedimentação, filtração); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹³⁴					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	3
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	3
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	3
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	2
	Poluição visual	2	2	2	3
Geração de efluentes "C" ¹³⁵					
	Contaminação do lençol freático	1	1	3	1
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	3
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	3
	Degradação da qualidade do solo	1	1	3	3
	Perda de biodiversidade	1	2	3	3
Geração de emissões gasosas					
	Aumento do efeito estufa	2	3	2	3
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Danos patrimoniais	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	2	3	3
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	3
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	3
	Poluição visual	2	1	2	3
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	1	2	1	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	3
	Poluição visual	2	1	2	3
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	2	1	1	3
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do ar	1	2	1	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	3
	Poluição visual	2	1	2	3
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	2	1	3	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Perda da biodiversidade	2	2	3	2
	Poluição sonora	2	1	2	3
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	1	1	3	1
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	3
	Esgotamento de recursos naturais	2	2	3	2

¹³⁴ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹³⁵ Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 3

_Área: *Bióloga/ Espec. microbiologia*Local: *ICB – USP, São Paulo*

_Data: 03/ 05/ 2003

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	3
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	1	2	2
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	3
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	3
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Geração de efluentes "A"¹³⁶					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Danos patrimoniais	1	1	1	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Poluição visual	2	1	2	2

¹³⁶ Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decantação, sedimentação, filtração); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹³⁷					
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	3	1
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	2
	Poluição visual	2	1	2	2
Geração de efluentes "C" ¹³⁸					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	3
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	3
	Perda de biodiversidade	2	3	3	2
Geração de emissões gasosas					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Danos patrimoniais	1	2	1	1
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Smog industrial e fotoquímico	1	1	2	2
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	1	2	3	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	3	2
	Poluição visual	1	1	1	2
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	1
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	1
	Poluição visual	1	1	1	1
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	1	1	2	1
	Degradação da qualidade da água	1	1	2	1
	Degradação da qualidade do ar	1	1	2	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	1
	Poluição visual	2	1	2	2
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Perda da biodiversidade	2	3	3	1
	Poluição sonora	2	1	2	3
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	2	2	2	2
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Esgotamento de recursos naturais	2	3	3	2

¹³⁷ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹³⁸ Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 4

_ Área: Eng^a. Química/ Consultora Ambiental

Local: Bureau Veritas, São Paulo

_ Data: 17/ 04/ 2003

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	1	3	1
	Perda da biodiversidade	2	3	3	2
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	1	2	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	1	2	3	2
	Perda da biodiversidade	1	3	3	2
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	1	1	2	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Smog industrial e fotoquímico	2	1	2	2
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	1	3	3	1
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	3	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
Geração de efluentes "A"¹³⁹					
	Danos à flora e à fauna	2	1	1	2
	Danos patrimoniais	1	2	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	3
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Poluição visual	2	1	2	1

¹³⁹ Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decanção, sedimentação, filtração); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹⁴⁰					
	Danos à flora e à fauna	2	1	1	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	3
	Degradação da qualidade do ar	1	3	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Poluição visual	2	1	2	1
Geração de efluentes "C" ¹⁴¹					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	1	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	2
	Perda de biodiversidade	1	1	3	2
Geração de emissões gasosas					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Danos patrimoniais	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	2	3	2	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	1	2	2
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	2	2	3	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do ar	2	1	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	3
	Poluição visual	1	2	2	2
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	1
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	3
	Poluição visual	1	1	2	2
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	1	2	1	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	1	1	1	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	1	3
	Poluição visual	2	2	1	2
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	2	1	1	2
	Danos patrimoniais	2	1	2	2
	Perda da biodiversidade	1	3	3	1
	Poluição sonora	2	1	2	3
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	3
	Esgotamento de recursos naturais	1	2	3	2

¹⁴⁰ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹⁴¹ Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 5	Área: Eng. Agrônomo/ Cons. Ambiental
Local: São Paulo	Data: 29/04/2003

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	1	1	1	1
	Degradação da qualidade da água	1	2	1	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	1	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	2	2	3
	Perda da biodiversidade	2	1	3	1
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	3
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	3
	Esgotamentos de recursos naturais	2	2	3	3
	Perda da biodiversidade	2	1	3	1
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	1	3
	Danos à flora e à fauna	1	2	1	1
	Degradação da qualidade do solo	1	1	1	1
	Esgotamentos de recursos naturais	2	2	3	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	2	2	2
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	1	3	1	3
	Danos à flora e à fauna	1	2	1	2
	Degradação da qualidade do ar	1	3	1	2
	Esgotamentos de recursos naturais	1	2	3	3
	Perda da biodiversidade	1	2	3	1
Geração de efluentes "A"¹⁴²					
	Danos à flora e à fauna	1	1	1	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	1	2	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	1
	Poluição visual	2	1	2	2

¹⁴² Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decação, sedimentação, filtração); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹⁴³					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	1	2	2
	Degradação da qualidade do ar	1	1	1	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Poluição visual	2	1	2	1
Geração de efluentes "C" ¹⁴⁴					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	1	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	2
	Perda de biodiversidade	2	1	3	1
Geração de emissões					
	Aumento do efeito estufa	2	3	2	3
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	1
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Degradação da qualidade do ar	2	2	3	3
	Smog industrial e fotoquímico	2	1	2	3
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	3
	Degradação da qualidade do ar	1	1	3	3
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	3
	Poluição visual	2	1	2	2
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	2	1	2	1
	Degradação da qualidade da água	2	1	2	2
	Degradação da qualidade do ar	1	1	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	2
	Poluição visual	2	1	2	2
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	2	1	1	1
	Degradação da qualidade da água	2	1	1	1
	Degradação da qualidade do ar	1	1	1	1
	Degradação da qualidade do solo	2	1	2	1
	Poluição visual	2	1	2	1
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	1	1	2	2
	Danos patrimoniais	1	1	2	1
	Perda da biodiversidade	1	2	3	1
	Poluição sonora	2	1	1	3
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	1	3	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	3	3
	Esgotamento de recursos naturais	1	2	3	3

¹⁴³ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹⁴⁴ Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

CLASSIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Especialista: AI 6	Área: Consultora Ambiental
Local: São Paulo - SP	Data: 01/06/03

Classifique os aspectos e impactos ambientais considerando os seguintes critérios:

Efeito:	1: <u>indireto</u> : depende da interação de outros fatores para o impacto ocorrer 2: <u>direto</u> : ocorre independentemente de outros fatores
Gravidade:	1 - <u>baixa</u> : degradação ambiental naturalmente reversível no médio prazo 2 - <u>média</u> : degradação ambiental reversível (médio prazo) apenas mediante ação humana 3 - <u>alta</u> : degradação ambiental irreversível ou recuperável a longo prazo e com elevados custos
Escala:	1: <u>local</u> : restrito ao local de ocorrência, ao bairro, ou no máximo à cidade 2: <u>regional</u> : atinge as cidades vizinhas e/ou a região 3: <u>global</u> : pode atingir todo o planeta Terra
Probabilidade de ocorrência:	1: impacto com baixa probabilidade de ocorrência 2: impacto com alta probabilidade de ocorrência 3: impacto sempre ocorre quando o aspecto é gerado

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Consumo de água					
	Danos à flora e à fauna	1	3	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	1	1	2
	Degradação da qualidade do solo	1	1	1	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	2	3	2	2
Consumo de matéria-prima					
	Danos à flora e à fauna	1	3	2	2
	Degradação da qualidade da água	1	2	1	2
	Degradação da qualidade do solo	1	2	1	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	2	3
	Perda da biodiversidade	2	3	2	2
Consumo de combustíveis					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	3
	Danos à flora e à fauna	2	3	2	3
	Degradação da qualidade do solo	1	2	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	2
	Smog industrial e fotoquímico	2	3	2	2
Consumo de energia					
	Aumento do efeito estufa	2	3	2	2
	Danos à flora e à fauna	1	3	2	3
	Degradação da qualidade do ar	1	2	2	2
	Esgotamentos de recursos naturais	2	3	3	3
	Perda da biodiversidade	2	3	3	2
Geração de efluentes "A"¹⁴⁵					
	Danos à flora e à fauna	1	1	1	2
	Danos patrimoniais	1	1	1	2
	Degradação da qualidade da água	2	1	1	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	1	2
	Poluição visual	2	2	2	1

¹⁴⁵ Aquele que possui materiais inertes ou em suspensão, tratável com processos físicos simples (decanção, sedimentação, filtragem); não gera lodo Classe I.

ASPECTO	IMPACTO	EFEITO	ESCALA	GRAVIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
Geração de efluentes "B" ¹⁴⁶					
	Danos à flora e à fauna	1	3	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	2	2
	Poluição visual	2	3	2	2
Geração de efluentes "C" ¹⁴⁷					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	2
	Perda de biodiversidade	2	3	3	3
Geração de emissões					
	Aumento do efeito estufa	2	3	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	3
	Danos patrimoniais	1	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	3	3	2
	Smog industrial e fotoquímico	2	3	3	2
Geração de resíduos Classe I					
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	3
	Degradação da qualidade da água	2	3	3	2
	Degradação da qualidade do ar	2	3	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	3	3	2
	Poluição visual	2	3	3	2
Geração de resíduos Classe II					
	Danos à flora e à fauna	1	2	2	2
	Degradação da qualidade da água	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do ar	2	2	2	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	2	2
	Poluição visual	2	2	2	2
Geração de resíduos Classe III					
	Danos à flora e à fauna	1	1	1	2
	Degradação da qualidade da água	2	1	1	2
	Degradação da qualidade do ar	2	1	1	2
	Degradação da qualidade do solo	2	1	1	2
	Poluição visual	2	2	2	2
Geração de ruídos					
	Danos à flora e à fauna	2	2	2	2
	Danos patrimoniais	1	2	1	2
	Perda da biodiversidade	2	2	2	2
	Poluição sonora	2	2	3	3
Contaminantes lixiviados					
	Contaminação do lençol freático	2	2	3	2
	Danos à flora e à fauna	2	3	3	3
	Degradação da qualidade da água	1	2	3	2
	Degradação da qualidade do solo	2	2	3	2
	Esgotamento de recursos naturais	2	2	3	2

¹⁴⁶ Aquele que requer tratamento biológico (materiais dissolvidos) e/ou desinfecção (organismos patogênicos), sem gerar lodo Classe I

¹⁴⁷ Aquele que apresenta constituintes perigosos como metais pesados, solventes, óleos e graxas, etc.; tratamento gera lodo Classe I.

ANEXO H

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO

Este anexo apresenta um resumo das principais técnicas de identificação de risco em processos industriais (BROWN e BUCHLER, 1998, TARALLI e SIMÕES, 2001).

TÉCNICAS DE INCIDENTES CRÍTICOS (TIC)

Trata-se de uma análise qualitativa, que identifica erros de processo e condições inseguras que possam contribuir para a ocorrência de acidentes com lesões reais e potenciais. A técnica permite o levantamento de áreas com problemas e categorias de riscos nelas existentes, identificadas através do depoimento de um determinado número de pessoas, que executam serviços ou que transitam pelos ambientes avaliados.

WHAT – IF /CHECKLIST (WIC)

Essa técnica é um procedimento de revisão de riscos de processos recomendado como primeiro passo no procedimento de análise de risco. O conceito é conduzir um exame sistemático de uma unidade ou processo visando identificar aspectos/ riscos, através de perguntas do tipo: “o que aconteceria se...”.

O WIC desenvolve-se através de reuniões de questionamento entre duas equipes, englobando quesitos sobre procedimentos, instalações e processos. A equipe questionadora já é familiarizada com o processo, sistema ou assunto a ser analisado, sendo ela que formula as questões antecipadamente, como base para as discussões com o grupo questionado.

A análise pode incluir situações envolvendo edificações, sistemas de operação (inclusive de tratamento de água, efluentes, geração de energia, etc.), áreas de armazenamento, procedimentos operacionais, práticas administrativas, segurança da planta, etc. O resultado gera um relatório de fácil entendimento, podendo servir de material de treinamento.

ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITO (AMFE)

É uma técnica de análise detalhada, podendo ser qualitativa e quantitativa, aplicada a riscos associados a falhas de equipamentos e sistemas. Nessa metodologia não é considerada a presença do elemento humano. Portanto, é utilizada para determinação de

falhas e análise de confiabilidade de conjuntos, equipamentos e sistemas.

ANÁLISE DE OPERABILIDADE E PERIGOS (HAZOP)¹⁴⁸

É um método sistemático de questionamento mais criativo e aberto, com uma análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas.

Essa metodologia também é aplicada para equipamento e sistemas. O HAZOP é um processo que deve ser desenvolvido por equipes multidisciplinares, de maneira sistemática e rigorosa.

A técnica prevê uma descrição completa do processo, sistematicamente questionando-se toda e qualquer parte deste, utilizando-se de palavras-guia, que são aplicadas às variáveis identificadas no processo (pressão, fluxo, temperatura, composição, nível, etc.) gerando desvios, que são os perigos a serem observados.

O processo de análise deve ser executado em cada circuito, linha por linha, para cada tipo de desvio possível de ocorrer nos parâmetros de funcionamento.

ANÁLISE DE ÁRVORE DE EVENTOS (AAE)

É um método utilizado para identificar as várias e possíveis conseqüências resultantes de um certo evento inicial. Sua utilização tem como ponto de partida em geral, a falha de um componente ou subsistema, sendo que os eventos subseqüentes são determinados pelas características do sistema.

ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (AAF)

Trata-se de um método qualitativo e quantitativo apropriado para o estudo de fatores que poderiam causar um evento indesejável (falha), encontrando sua melhor aplicação em situações complexas.

¹⁴⁸ HAZard and OPerability Studies (HAZOP)

O evento indesejado, denominado evento topo, é colocado no nível mais alto na montagem da árvore. A partir desse nível, o sistema é dissecado de cima para baixo, enumerando todas as causas e combinações delas que levam ao evento indesejado. Os eventos do nível inferior recebem o nome de eventos básicos ou primários, pois são eles que dão origem a todos os eventos de nível mais alto.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)

É uma técnica que teve origem nos Programas de Segurança criados no Departamento de Defesa dos EUA.

Trata-se de uma ferramenta qualitativa, que permite uma identificação prévia dos riscos existentes num dado sistema. Ela avalia quais são os pontos de maior risco do sistema e estabelecer uma priorização destes. Consiste de uma ótima ferramenta nos casos em que o sistema a ser analisado possui pouca similaridade com quaisquer outros existentes, onde a experiência em riscos no seu uso é carente ou deficiente.

A técnica pode ser aplicada durante as etapas de desenvolvimento, estudo básico, detalhamento, implantação e mesmo nos estudos de revisão de segurança de uma instalação existente. No entanto, ela tem sua importância maior no que se refere à determinação das medidas de controle e prevenção de riscos desde o início operacional do sistema.

A APR é normalmente uma revisão superficial de problemas gerais de segurança. No estágio em que a técnica for desenvolvida podem ainda existir poucos detalhes finais de projeto ou operação. Segundo BROWN e BUCHLER (1998), ela permite identificar e analisar de forma abrangente e significativa os potenciais de riscos que podem estar presentes num processo ainda no estágio de projeto.

O desenvolvimento da APR inicia-se com o entendimento do sistema a ser estudado e com a conseqüente identificação¹⁴⁹ dos aspectos mais significativos. A partir desta identificação, procura-se descrever quais as causas prováveis destes eventos e quais suas

¹⁴⁹ Esta avaliação é feita por um grupo de pessoas, geralmente multidisciplinar, que conhecem e possuem familiaridade com o processo analisado.

conseqüências ou impactos. Uma vez identificados os impactos, deve-se classificá-los em função de sua categoria de risco (TARALLI e SIMÕES, 2001).

Essas categorias de riscos dizem respeito à sua dimensão e podem ser definidas de várias formas, geralmente levando em conta o que causou o risco e os efeitos que eles podem gerar.

ANEXO I
CLASSIFICAÇÃO DOS PERIGOS À SAÚDE
HUMANA

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 1	Área: Medicina
Local: São Paulo, SP	Data: 17/05/03

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> quase desprezíveis <u>Doença:</u> incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões:</u> superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências:</u> reversíveis <u>Doença:</u> reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> irreversíveis <u>Doença:</u> irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	3	3
	Perturbação do sistema nervoso	2	1
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Vibrações	Lesões neurovasculares	2	2
	Lesões articulares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Frio	Lesões de pele	2	1
	Congelamento dos membros	1	2
	Ulcerações do frio	1	2
Calor	Intermação	2	2
	Desidratação	3	3
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Esforço físico intenso	Danos motores	1	2
	Lesões ósseos- musculares	3	3
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	1	3
	Lesões oculares	2	3
	Queimaduras	1	3
Radiações ionizantes corpúsculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	1	3
	Queimaduras	1	3
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	1	3
	Necrose de pele	1	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	3	3
	Queimaduras, fraturas	3	3
	Estresse/ irritabilidade	2	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 2	Área: Eng. Civil/ Consult. Saúde Seg. Ocupa.
Local: Bureau Veritas, SP	Data: 20/03/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> quase desprezíveis <u>Doença:</u> incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões:</u> superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências:</u> reversíveis <u>Doença:</u> reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> irreversíveis <u>Doença:</u> irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	2	3
	Perturbação do sistema nervoso	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Vibrações	Lesões neurovasculares	1	3
	Lesões articulares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	3	2
	Congelamento dos membros	1	3
	Ulcerações do frio	1	2
Calor	Intermação	1	3
	Desidratação	3	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Esforço físico intenso	Danos motores	3	2
	Lesões ósseos- musculares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	1	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	2
	Lesões oculares	2	3
	Queimaduras	3	2
Radiações ionizantes corpusculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	2
	Necrose de pele	3	3
	Queimaduras	3	2
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	3	3
	Necrose de pele	1	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	2
	Estresse/ irritabilidade	1	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 3	Área: Infectologia/ Hematologia
Local: Hospital Albert Einstein, SP	Data: 15/04/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : quase desprezíveis <u>Doença</u> : incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões</u> : superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências</u> : reversíveis <u>Doença</u> : reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : irreversíveis <u>Doença</u> : irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	2	3
	Perturbação do sistema nervoso	2	3
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Vibrações	Lesões neurovasculares	1	3
	Lesões articulares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	2	2
	Congelamento dos membros	1	2
	Ulcerações do frio	1	3
Calor	Interação	1	3
	Desidratação	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Esforço físico intenso	Danos motores	2	2
	Lesões ósseos- musculares	3	2
	Estresse/ irritabilidade	1	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	2
	Lesões oculares	2	3
	Queimaduras	3	2
Radiações ionizantes corpúsculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	3	3
	Queimaduras	3	2
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	3	3
	Necrose de pele	1	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 4	Área: Ciências Biomédicas
Local: ICB-USP, SP	Data: 15/04/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	Consequências: quase desprezíveis Doença: incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) Lesões: superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	Consequências: reversíveis Doença: reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) Lesões: incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	Consequências: irreversíveis Doença: irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) Lesões: incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	3	3
	Perturbação do sistema nervoso	1	3
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Vibrações	Lesões neurovasculares	1	3
	Lesões articulares	1	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	3	2
	Congelamento dos membros	1	3
	Ulcerações do frio	2	2
Calor	Intoxicação	1	3
	Desidratação	3	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Esforço físico intenso	Danos motores	2	2
	Lesões ósseos- musculares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	1	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	3
	Lesões oculares	2	3
	Queimaduras	2	2
Radiações ionizantes corpusculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	2	3
	Queimaduras	2	2
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	2	3
	Necrose de pele	2	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 5	Área: Enfermagem
Local: São Caetano Sul, SP.	Data: 15/ 04/ 2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> quase desprezíveis <u>Doença:</u> incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões:</u> superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências:</u> reversíveis <u>Doença:</u> reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> irreversíveis <u>Doença:</u> irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	3	2
	Perturbação do sistema nervoso	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Vibrações	Lesões neurovasculares	1	2
	Lesões articulares	1	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	2	2
	Congelamento dos membros	2	3
	Ulcerações do frio	2	3
Calor	Interação	1	3
	Desidratação	2	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Esforço físico intenso	Danos motores	1	3
	Lesões ósseos- musculares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	3
	Lesões oculares	2	2
	Queimaduras	2	2
Radiações ionizantes corpusculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	2	3
	Queimaduras	2	2
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	2	3
	Necrose de pele	2	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 6	Área: Saúde Pública
Local: USP - São Paulo.	Data: 18/04/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> quase desprezíveis <u>Doença:</u> incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões:</u> superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências:</u> reversíveis <u>Doença:</u> reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências:</u> irreversíveis <u>Doença:</u> irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões:</u> incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	2	3
	Perturbação do sistema nervoso	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	2
Vibrações	Lesões neurovasculares	2	2
	Lesões articulares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	2	2
	Congelamento dos membros	1	3
	Ulcerações do frio	1	3
Calor	Intermação	2	2
	Desidratação	2	3
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Esforço físico intenso	Danos motores	2	1
	Lesões ósseos- musculares	3	2
	Estresse/ irritabilidade	1	3
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	3
	Lesões oculares	2	2
	Queimaduras	3	3
Radiações ionizantes corpusculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	2	3
	Queimaduras	3	3
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	2	3
	Necrose de pele	3	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	3
	Estresse/ irritabilidade	3	2

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 7	Área: Farmacêutica
Local: ICB-USP - São Paulo.	Data: 30/04/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	Conseqüências: quase desprezíveis Doença: incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) Lesões: superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	Conseqüências: reversíveis Doença: reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) Lesões: incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	Conseqüências: irreversíveis Doença: irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) Lesões: incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo	3	3
	Perturbação do sistema nervoso	1	3
	Estresse/ irritabilidade	2	2
Vibrações	Lesões neurovasculares	1	3
	Lesões articulares	3	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Frio	Lesões de pele	3	2
	Congelamento dos membros	1	3
	Ulcerações do frio	1	2
Calor	Interação	2	2
	Desidratação	3	2
	Estresse/ irritabilidade	3	1
Esforço físico intenso	Danos motores	3	2
	Lesões ósseos- musculares	2	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele	2	3
	Lesões oculares	2	2
	Queimaduras	2	2
Radiações ionizantes corpúsculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele	2	3
	Necrose de pele	3	3
	Queimaduras	3	2
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno	2	3
	Necrose em órgãos internos	2	3
	Necrose de pele	2	3
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte	2	3
	Queimaduras, fraturas	3	2
	Estresse/ irritabilidade	2	1

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 8	Área: Genética
Local: ICB-USP - São Paulo.	Data: 15/05/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : quase desprezíveis <u>Doença</u> : incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões</u> : superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências</u> : reversíveis <u>Doença</u> : reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : irreversíveis <u>Doença</u> : irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo		
	Perturbação do sistema nervoso		
	Estresse/ irritabilidade		
Vibrações	Lesões neurovasculares		
	Lesões articulares		
	Estresse/ irritabilidade		
Frio	Lesões de pele		
	Congelamento dos membros		
	Ulcerações do frio		
Calor	Intermação		
	Desidratação		
	Estresse/ irritabilidade		
Esforço físico intenso	Danos motores		
	Lesões ósseos- musculares		
	Estresse/ irritabilidade		
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele		
	Lesões oculares		
	Queimaduras		
Radiações ionizantes corpúsculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele		
	Necrose de pele		
	Queimaduras		
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno		
	Necrose em órgãos internos		
	Necrose de pele		
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte		
	Queimaduras, fraturas		
	Estresse/ irritabilidade		

CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS A SAÚDE HUMANA

Especialista: APR 8	Área: Genética
Local: ICB-USP - São Paulo.	Data: 15/05/2003

Avalie a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano gerado por cada perigo, atribuindo os valores:

VALOR	PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
1	Improvável	Evento com baixa probabilidade de ocorrer; ocorre esporadicamente.
2	Provável	Evento com grande probabilidade de ocorrer; ocorre periodicamente
3	Muito provável	Evento com altíssima probabilidade de ocorrer; ocorre continuamente

VALOR	GRAVIDADE	DESCRIÇÃO
1	Levemente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : quase desprezíveis <u>Doença</u> : incômodos (dor de cabeça, irritações, etc.) <u>Lesões</u> : superficiais (pequenos cortes e contusões)
2	Prejudicial	<u>Conseqüências</u> : reversíveis <u>Doença</u> : reversível (L.E.R., distúrbios osteo-musculares, asma, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade temporária (queimaduras, torções, fraturas, etc.)
3	Extremamente prejudicial	<u>Conseqüências</u> : irreversíveis <u>Doença</u> : irreversível (surdez, câncer ocupacional, etc.) <u>Lesões</u> : incapacidade permanente (amputação, envenenamento, morte, etc.)

Perigo	Dano Associado	Probabilidade	Gravidade do dano
Ruídos	Dano ao sistema auditivo		
	Perturbação do sistema nervoso		
	Estresse/ irritabilidade		
Vibrações	Lesões neurovasculares		
	Lesões articulares		
	Estresse/ irritabilidade		
Frio	Lesões de pele		
	Congelamento dos membros		
	Ulcerações do frio		
Calor	Intermação		
	Desidratação		
	Estresse/ irritabilidade		
Esforço físico intenso	Danos motores		
	Lesões ósseos- musculares		
	Estresse/ irritabilidade		
Radiações não Ionizantes (Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas)	Câncer de pele		
	Lesões oculares		
	Queimaduras		
Radiações ionizantes corpusculares (Raios α e Raios β)	Câncer de pele		
	Necrose de pele		
	Queimaduras		
Radiações ionizantes eletromagnéticas (Raios γ e Raios X)	Câncer interno		
	Necrose em órgãos internos		
	Necrose de pele		
Substâncias explosivas e inflamáveis	Amputação, morte		
	Queimaduras, fraturas		
	Estresse/ irritabilidade		

ANEXO J

DOSSIÊ DOS RESÍDUOS

DOSSIÊ DO RESÍDUO

TEB

IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO

1. Nome do resíduo:

✓ _____

Código:

2. Tipo de indústria:

✓

3. Processo onde o resíduo é gerado¹

✓

4. Forma de gerenciamento atual do resíduo

 Armazenamento Disposição em Aterro Tratamento Reuso Reciclagem: Outro:

5. Custo médio de gerenciamento do resíduo

✓ 1ª Forma mais usada: _____

- Custo:

✓ 2ª Forma mais usada: _____

- Custo:

✓ 3ª Forma mais usada: _____

- Custo:

6. Resíduo passa por algum tipo de transformação significativa após a geração?

 Não Sim:

7. Possibilidade de contaminação do resíduo durante o gerenciamento:

 Nula ou insignificante Significativa *

* Causas:

¹ Especificar o processo dentro da atividade industrial onde o resíduo é gerado;

DADOS SOBRE O SISTEMA DE GERAÇÃO DO RESÍDUO

1. Média anual gerada (local)

✓

2. Quantidade de resíduo armazenado/ estocado

✓ No município:

✓ Na região:

✓ No Estado:

✓ No País:

3. Influência da sazonalidade na geração (quantitativa)

Insignificante

Extremamente significativa

✓ Meses de menor geração:

Média mensal:

✓ Meses de maior geração:

Média mensal:

8. Variabilidade qualitativa na geração²

Nula ou insignificante

Significativa *

Extremamente significativa ^{*3}

* Causas:

9. Presença de pontos críticos no sistema de geração⁴

Uso de materiais radioativos

Uso de materiais patogênicos

Uso de outros contaminantes

Ácidos/ bases:

Óleos/ graxas:

Solventes:

Metais pesados:

Outros

4. Interesse do gerador pela reciclagem do resíduo

Nulo ou insignificante

Significativo

Extremamente significativo

5. Tendência de mudanças no sistema produtivo gerador do resíduo

Nula ou insignificante

Significativa

Extremamente significativa

² Avaliar se a composição do resíduo pode variar em função dos tipos de matérias-primas usadas e de suas quantidades (por exemplo, se o sistema produz diferentes produtos durante o ano);

³ Neste caso é indicado um estudo detalhado de variabilidade na etapa de P&D.

⁴ Este item é para avaliar a possibilidade de que o resíduo seja contaminado com matérias-primas usadas no sistema, e deve ser realizado mesmo se o resíduo não for perigoso segundo a NBR 10.004.

6. Processo de geração do resíduo:

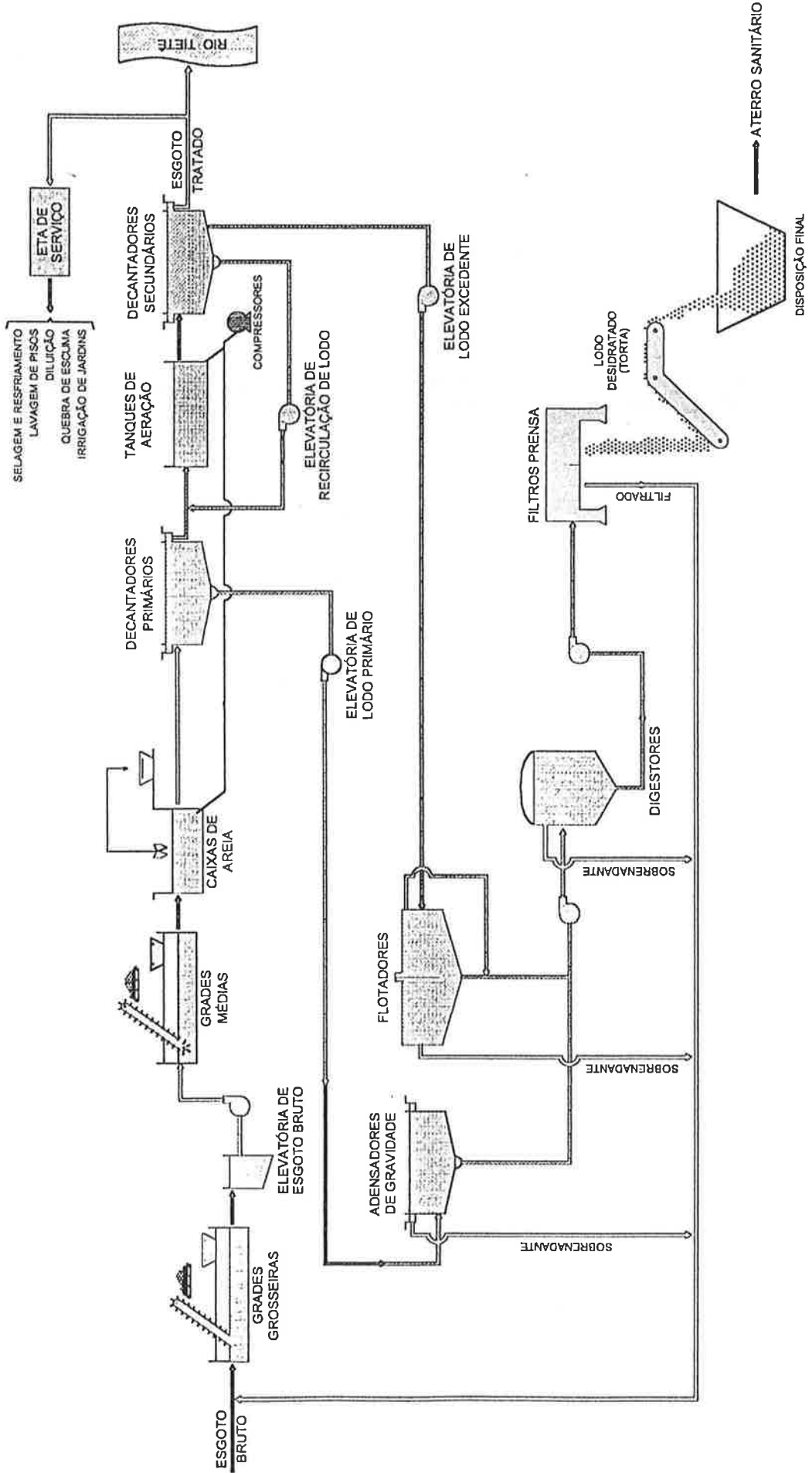
Ver folha anexa

7. Matéria-prima/ produtos usados no processo de geração

Adição de cal, polímeros ou cloreto férrico para o condicionamento químico do lodo com o objetivo de melhorar as condições de desidratação.

Observação: Maiores detalhes sobre o processo de geração deste resíduo podem ser obtidas em <http://www.sabesp.com.br/> > O que Fazemos > Coleta e Tratamento de Esgotos

FLUXOGRAMA DE PROCESSO - E.T.E. BARUERI



INFORMAÇÕES SOBRE O RESÍDUO

1. Código do resíduo:
2. Tipo de resíduo (predominância)
 - Orgânico
 - Mineral
 - Metálico
 - Outro
3. Estado do resíduo
 - Sólido - Teor de umidade: _____%
 - Líquido
 - Semi-sólido (pastoso) – Fração sólida: $\pm 30\%$
4. Classe do resíduo (de acordo com a NBR10.004)
 - Classe I (Perigoso) – Especificar código de identificação:
 - Classe II (Não Inerte)
 - Classe III (Inerte)
 - Ainda não classificado
5. Solubilidade do resíduo (predominância)
 - Solúvel
 - Não solúvel
 - Ainda não determinada
6. Densidade do resíduo
 - Disponível - Especificar:
 - Não disponível:
 - Flutua na água
 - Afunda na água
7. Possui cheiro?
 - Não
 - Sim
 - Agradável
 - Desagradável
 - Muito forte
 - Muito forte
 - Suave
 - Suave

APENAS PARA A FRAÇÃO SÓLIDA GRAÚDA

8. Forma do resíduo
 - Granular
 - Fibrosa
 - Laminar
 - Fios
 - Outro
9. Textura do resíduo
 - Lisa
 - Ondulada
 - Rugosa
 - Porosa
 - Não porosa
10. Resistência do resíduo
 - Disponível - Especificar:
 - Não disponível:
 - Desagregável manualmente
 - Não desagregável manualmente
11. Granulometria do resíduo
 - Não disponível
 - Disponível - Especificar:
 - _____ % superior a 4,8mm (#4)
 - _____ % superior a 0,15mm (#100)
 - _____ % inferior a 0,0075mm (#200)

Índices Físicos do Resíduo

- _ Massa específica = 1.923 kg/ m³
- _ Massa específica aparente = 1.032 kg/ m³
- _ Teor de Umidade = 72,27%
- _ Perda ao Fogo = 82,77%
- _ Teor de matéria orgânica = 10,50%

Análise granulométrica do resíduo

DIÂMETRO (mm)	SIMILARIDADE	% EM MASSA
$0,05 \leq \phi \leq 0,4$	Areia fina	13
$0,005 \leq \phi \leq 0,05$	Silte	47
$\phi \leq 0,005$	Argila	40

Poder calorífico do resíduo

PODER CALORÍFICO	Kcal/ Kg	MJ/ Kg
PCS (poder calorífico superior)	2.257,13	9,45
PCI* (poder calorífico inferior)	1.426,96	5,97
* Valor teórico Ensaio realizado a 30 atm de O ₂		

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

Resíduo: TEB

Tipo de Análise: Semiquantitativa, por Fluorescência de Raio-X

Laboratório: Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT – EPUSP

Resultados em % de óxidos, base calcinada, normalizados a 100%

Na ₂ O	0,49
MgO	1,20
Al ₂ O ₃	13,3
SiO ₂	26,5
P ₂ O ₅	10,4
SO ₃	11,5
Cl	0,34
K ₂ O	1,07
CaO	11,6
TiO ₂	1,81
Cr ₂ O ₃	0,30
MnO	0,12
Fe ₂ O ₃	19,2
NiO	0,13
CuO	0,36
ZnO	0,97
Br	<<
Rb ₂ O	0,01
SrO	0,04
Y ₂ O ₃	0,01
ZrO ₂	0,08
Nb ₂ O ₅	<<
SnO ₂	0,11
BaO	0,16
WO ₃	0,06
PbO	0,06

DADOS OPERACIONAIS

Análise Semiquantitativa sem padrões, de Flúor a Urânio

Módulo de Cálculo = % de óxidos

<< = Traços (menor que 0,01%)

Massa bruta, lixiviação e solubilização do resíduo

Parâmetro	Massa Bruta		Lixiviado		Solubilização	
	Resultado (mg/kg)	Listagem 9 (mg/kg)	Resultado (mg/L)	Listagem 7 (mg/L)	Resultado (mg/L)	Listagem 8 (mg/L)
Alumínio (Al)					0,14	0,2
Arsênio (As)	< LQ	1000	< LQ	5,0	< LQ	0,05
Bário (Ba)			1,43	100	0,04	1,0
Berílio (Be)	< LQ	100				
Cádmio (Cd)			< LQ	0,5	< LQ	0,005
Chumbo (Pb)	149,0	1000	0,08	5,0	< LQ	0,05
Cianeto (CN ⁻)	< LQ	1000			0,10	0,1
Cloreto (Cl ⁻)					430,9	250
Cobre (Cu)					< LQ	1,0
Cromo Total (Cr)			< LQ	5,0	< LQ	0,05
Cromo VI (Cr ⁺⁶)	< LQ	100				
Dureza (CaCO ₃)					3,760	500
Ferro (Fe)					20,7	0,3
Fluoreto (F ⁻)			0,09	150	0,27	1,5
Índice de Fenóis	4,7	10			1,18	0,001
Manganês (Mn)					0,32	0,1
Mercúrio (Hg)	< LQ	100	< LQ	0,1	< LQ	0,001
Nitrato (como N)					< LQ	10
Prata (Ag)			< LQ	5,0	< LQ	0,05
Selênio (Se)	< LQ	100	< LQ	1,0	< LQ	0,01
Sódio (Na)					32,2	200
Sulfato (SO ₄)					19,3	400
Surfactantes					0,07	0,2
Vanádio (V)	44,3	1000				
Zinco (Zn)					1,65	5,0
Coliformes Fecais	< 0,03 NMP/ 100ml					
Salmonela	Negativa NMP/ 100ml					

LQ = Limite de quantificação

DOSSIÊ DO RESÍDUO

RCI

IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO E FORMA DE GERENCIAMENTO

1. Nome do resíduo:

✓ _____

Código:

2. Tipo de indústria:

✓

3. Processo onde o resíduo é gerado¹

✓

4. Forma de gerenciamento atual do resíduo

 Armazenamento Disposição em Aterro Tratamento Reuso Reciclagem: Outro:

5. Custo médio de gerenciamento do resíduo

✓ 1ª Forma mais usada: _____

- Custo: Não disponível

✓ 2ª Forma mais usada: _____

- Custo: Não disponível

✓ 3ª Forma mais usada: _____

- Custo:

OBS.: Foi considerado o custo para o município gerenciar o resíduo, após ele ser entregue pelo coletor ("caçambeiro") na estação de reciclagem.

6. Resíduo passou por algum tipo de transformação significativa após a geração?

 Não Sim:

7. Possibilidade de contaminação do resíduo durante o gerenciamento:

 Nula ou insignificante Significativa *

* Causas: _____

¹ Especificar o processo dentro da atividade industrial onde o resíduo é gerado;

GERAÇÃO DO RESÍDUO

1. **Média anual gerada (local)**
 5.000 t/ dia (mais de 1,8 milhões t/ ano)

2. **Quantidade de resíduo armazenado/ estocado**
 No município: mais de 3 milhões de toneladas (considerando apenas o aterro de Itaquera)
 Na região:
 No Estado:
 No País: -

3. **Influência da sazonalidade na geração (quantitativa)**
 Insignificante: mais relacionada à economia do que com épocas do ano.
 Extremamente significativa
 Meses de menor geração:
 Média mensal:
 Meses de maior geração:
 Média mensal:

4. **Variabilidade qualitativa na geração²**
 Nula ou insignificante
 Significativa *
 Extremamente significativa *³
 * Causas:

5. **Presença de pontos críticos no sistema de geração⁴**
 Uso de materiais radioativos
 Uso de materiais patogênicos
 Uso de outros contaminantes
 Ácidos/ bases:
 Óleos/ graxas:
 Solventes:
 Metais pesados:
 Outros

6. **Interesse do gerador pela reciclagem do resíduo**
 Nulo ou insignificante
 Significativo
 Extremamente significativo

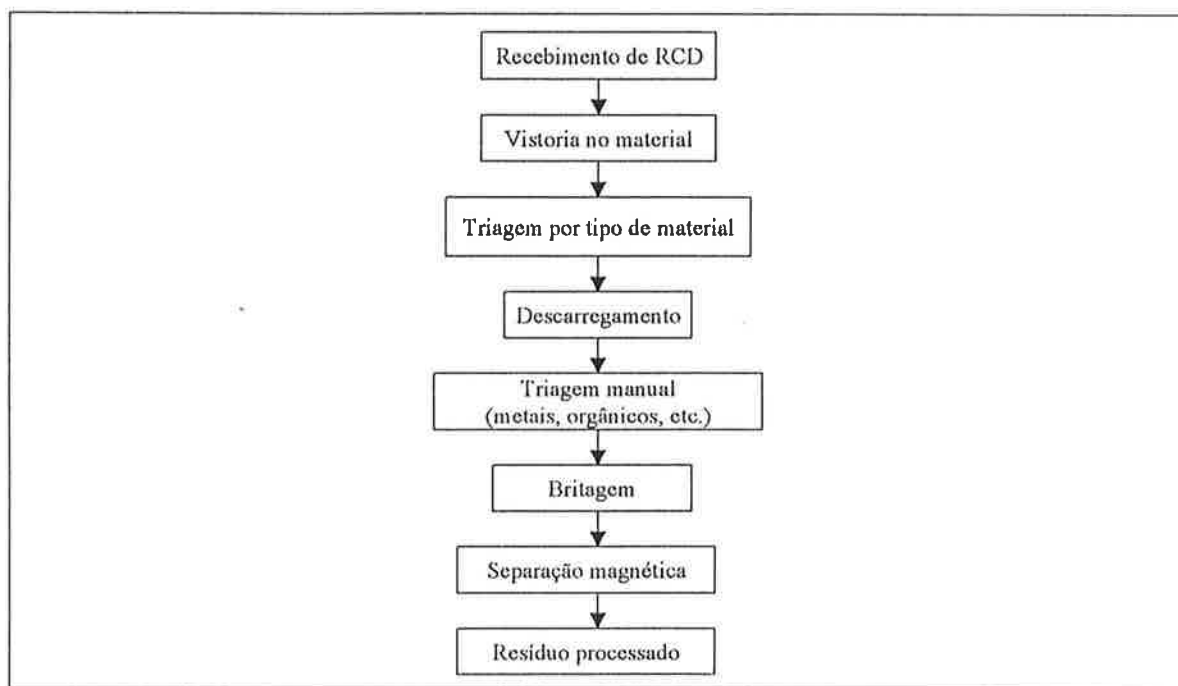
7. **Tendência de mudanças no sistema produtivo gerador do resíduo**
 Nula ou insignificante
 Significativa
 Extremamente significativa

8. Processo de geração do resíduo:

² Avaliar se a composição do resíduo pode variar em função dos tipos de matérias-primas usadas e de suas quantidades (por exemplo, se o sistema produz diferentes produtos durante o ano);

³ Neste caso é indicado um estudo detalhado de variabilidade na etapa de P&D.

⁴ Este item é para avaliar a possibilidade de que o resíduo seja contaminado com matérias-primas usadas no sistema, e deve ser realizado mesmo se o resíduo não for perigoso segundo a NBR 10.004.



9. Matéria-prima/ produtos usados no processo de geração

Nenhum.

INFORMAÇÕES SOBRE O RESÍDUO

1. **Código do resíduo:**
2. **Tipo de resíduo (predominância)**
 - Orgânico
 - Mineral
 - Metálico
 - Outro
3. **Estado do resíduo**
 - Sólido - Teor de umidade: \pm 6%
 - Líquido
 - Semi-sólido (pastoso) – Fração sólida: _____%
4. **Classe do resíduo (de acordo com a NBR10.004)**
 - Classe I (Perigoso) – Especificar código de identificação:
 - Classe II (Não Inerte)
 - Classe III (Inerte)
 - Ainda não classificado
5. **Solubilidade do resíduo (predominância)**
 - Solúvel
 - Não solúvel
 - Ainda não determinada
6. **Densidade do resíduo**
 - Disponível - Especificar:
 - Não disponível:
 - Flutua na água
 - Afunda na água
7. **Possui cheiro?**
 - Não
 - Sim
 - Agradável
 - Muito forte
 - Suave
 - Desagradável
 - Muito forte
 - Suave

APENAS PARA A FRAÇÃO SÓLIDA GRAÚDA

8. **Forma do resíduo**
 - Granular
 - Fibrosa
 - Laminar
 - Fios
 - Outro
9. **Textura do resíduo**
 - Lisa
 - Ondulada
 - Rugosa
 - Porosa
 - Não porosa
10. **Resistência do resíduo**
 - Disponível - Especificar:
 - Não disponível:
 - Desagregável manualmente
11. **Granulometria do resíduo**
 - Não disponível
 - Disponível - Especificar:
 - _____ % superior a 4,8mm (#4)
 - _____ % superior a 0,15mm (#100)
 - _____ % inferior a 0,0075mm (#200)

ANÁLISE MINERALÓGICA (DRX)

FRAÇÃO ROCHAS

COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO_2	Quartzo
Albita	$(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_3\text{O}_8$	Albita
Microclínio	KAlSi_3O_8	Microclínio
Ilita	$(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$	Ilita
Muscovita	$(\text{K}, \text{Na})\text{Al}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Muscovita
Magnesiohornblenda	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_4\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F})_2\text{AlSi}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Magnesiohornblenda
Caulinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Caulinita
Antigorita	$(\text{Mg}_{4,5}\text{Al}_{1,5})(\text{Si}_{2,5}\text{Al}_{1,5})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	Antigorita

FRAÇÃO CERÂMICOS

NOME DO COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO_2	Quartzo
Hematita	Fe_2O_3	Hematita
Microclínio	KAlSi_3O_8	Microclínio
Ilita	$(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$	Ilita
Muscovita	$(\text{K}, \text{Na})\text{Al}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Muscovita

FRAÇÃO ARGAMASSAS

NOME DO COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	MINERAL
Sílica	SiO_2	Quartzo
Calcita	CaCO_3	Calcita
Albita	$(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_3\text{O}_8$	Albita
Microclínio	KAlSi_3O_8	Microclínio
Ilita	$(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$	Ilita
Paraalumohidrocalcita	$\text{CaAl}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Paraalumohidrocalcita

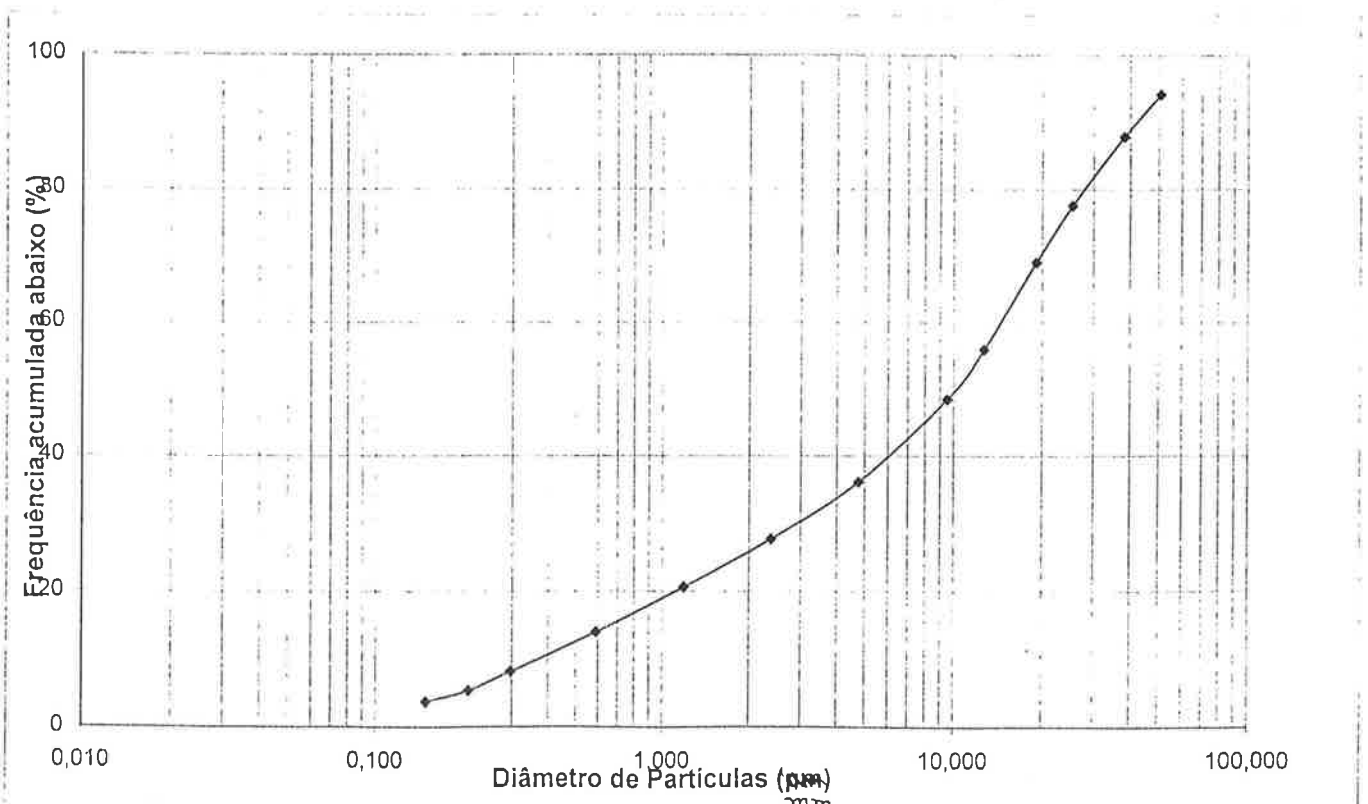


RESULTADOS DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO



LCT - EPCSP

Cliente:	Carina		Projeto:	RCD	
Material:	Itaquera cinza		Responsável:	Carina	
Tipo de peneir.	seco		Local:	São Paulo	
Massa inicial (g):	83220,00		Data:	31/3/03	
MALHAS (TYLER)	ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% PESO	% ACUMULADA ACIMA	% ACUMULADO ABAIXO
2"	50,800	4803,00	5,85	5,85	94,15
1 1/2"	38,100	5231,00	6,37	12,22	87,78
1"	25,400	8398,00	10,23	22,45	77,55
3/4"	19,100	7053,00	8,59	31,04	68,96
1/2"	12,700	10663,00	12,99	44,03	55,97
3/8"	9,520	6140,00	7,48	51,51	48,49
4	4,760	10217,00	12,45	63,95	36,05
8	2,380	6905,00	8,41	72,37	27,63
14	1,190	5722,00	6,97	79,34	20,66
28	0,590	5431,00	6,62	85,95	14,05
48	0,297	4770,05	5,81	91,76	8,24
65	0,212	2338,89	2,85	94,61	5,39
100	0,150	1329,75	1,62	96,23	3,77
-100		3095,46	3,77	100,00	0,00
MASSA FINAL (g):		82097,15	PERDAS:	1.122,85 g	
				1,35 %	





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO: 703/02

REQ. 646/02

DATA: 19/12/02

CLIENTE: HENRIQUE KAHN / RCD PCC-PMI

TIPO DE ANÁLISE: Quantitativa, por Fluorescência de Raios-X

Resultados em % de óxidos

Nº LCT	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	PF
4466/02	63,9	9,19	3,44	<0,10	1,51	9,67	1,45	2,33	0,56	0,17	0,15	7,63
4467/02	64,8	9,10	3,41	<0,10	1,48	9,59	1,46	2,34	0,56	0,17	0,30	6,49
4468/02	68,8	8,68	2,55	<0,10	1,00	7,74	1,56	2,72	0,35	<0,10	0,19	7,76
4469/02	66,0	9,48	2,71	<0,10	1,27	8,59	1,37	2,65	0,44	0,14	0,23	8,20
4470/02	66,4	8,85	2,65	<0,10	1,11	8,60	1,23	2,58	0,36	0,10	0,19	8,99
4471/02	67,5	8,27	2,45	<0,10	1,05	8,16	1,03	2,46	0,33	<0,10	0,20	8,39
4472/02	71,2	7,17	2,18	<0,10	0,87	7,29	0,61	2,14	0,32	<0,10	0,27	6,94
4473/02	75,6	5,84	2,00	<0,10	0,69	5,95	0,37	1,64	0,26	<0,10	0,13	7,92
4474/02	68,3	7,37	2,63	<0,10	0,97	7,69	0,38	1,67	0,50	<0,10	<0,10	10,1
4475/02	47,8	11,1	3,56	<0,10	1,77	13,5	0,47	1,79	0,66	0,18	0,31	20,0

Nº LCT	Amostra
4466/02	Itaquera I cinza tal qual -25,4 +19,1 mm
4467/02	Itaquera I cinza tal qual -19,1 +12,7 mm
4468/02	Itaquera I cinza tal qual -12,7 +9,52 mm
4469/02	Itaquera I cinza tal qual -9,52 +4,8 mm
4470/02	Itaquera I cinza tal qual -4,8 +2,4 mm
4471/02	Itaquera I cinza tal qual --2,4 +1,2 mm
4472/02	Itaquera I cinza tal qual -1,2 +0,6 mm
4473/02	Itaquera I cinza tal qual -0,6 +0,297mm
4474/02	Itaquera I cinza tal qual -0,297 +0,15 mm
4475/02	Itaquera I cinza tal qual -0,15 mm

Dra. Giuliana Ratti
Pesquisadora do LCT – EPUSP
Química - CRQ 04105009-4ªR

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br

TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO: 105/03

REQ. 097/03

DATA: .6/03/03

CLIENTE: HENRIQUE KAHN

TIPO DE ANÁLISE: Quantitativa, por Fluorescência de Raios-X

Resultados em % de óxidos

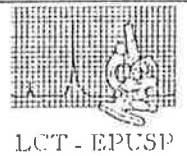
Nº LCT	Historico de Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	PF
769/03	Itaquera1 -25,4+19,1d>2,5	62,3	13,8	5,43	<0,10	1,64	5,37	2,84	3,33	0,75	0,26	0,17	3,48
770/03	Itaquera1-19,1+12,7 d>2,5	61,5	13,2	4,57	<0,10	1,47	6,16	2,97	3,47	0,65	0,31	0,15	4,49
771/03	Itaquera1-12,7+9,52 d>2,5	64,5	13,3	4,19	<0,10	1,16	4,81	2,96	3,96	0,61	0,21	0,13	3,38
772/03	Itaquera1-9,52+4,8 d>2,5	62,4	13,0	3,86	<0,10	1,52	5,79	2,79	3,90	0,48	0,19	0,18	5,48
773/03	Itaquera1-4,8+1,2 d>2,5	73,0	10,4	3,81	<0,10	0,98	3,41	2,20	2,62	0,40	0,16	0,10	2,89
774/03	Itaquera1-1,2+0,3 d>2,5	86,0	3,88	2,34	<0,10	0,42	2,00	0,59	0,99	0,18	<0,10	0,12	2,94
775/03	Itaquera1 -25,4+19,1 2,2<d<2,5	63,9	10,2	2,81	<0,10	1,51	8,36	1,69	2,92	0,41	0,13	0,31	7,92
776/03	Itaquera1-19,1+12,7 2,2<d<2,5	67,8	8,75	3,07	<0,10	1,03	7,29	1,61	2,33	0,42	0,14	0,27	7,22
777/03	Itaquera1-12,7+9,52 2,2<d<2,5	65,5	7,76	2,53	<0,10	1,26	8,66	1,15	2,12	0,31	0,10	0,46	9,65
778/03	Itaquera1-9,52+4,8 2,2<d<2,5	66,6	7,28	1,78	<0,10	1,04	9,04	0,93	2,02	0,28	<0,10	0,36	10,0
779/03	Itaquera1-4,8+1,2 2,2<d<2,5	68,6	6,96	1,85	<0,10	0,88	7,20	0,85	2,31	0,25	<0,10	0,31	9,64
780/03	Itaquera1-1,2+0,3 2,2<d<2,5	63,7	8,76	2,29	<0,10	1,02	7,37	1,06	3,06	0,34	0,11	0,33	11,1
781/03	Itaquera1 -25,4+19,1 1,9<d<2,2	65,1	6,86	2,05	<0,10	1,18	9,90	0,65	1,91	0,28	<0,10	0,37	10,9
782/03	Itaquera1-19,1+12,7 1,9<d<2,2	64,5	5,82	1,79	<0,10	1,53	10,9	0,52	1,66	0,26	<0,10	0,43	12,0
783/03	Itaquera1-12,7+9,52 1,9<d<2,2	58,0	7,72	2,72	<0,10	1,84	11,1	0,53	1,67	0,38	<0,10	0,44	14,9
784/03	Itaquera1-9,52+4,8 1,9<d<2,2	60,8	6,87	2,18	<0,10	1,15	11,6	0,63	1,42	0,33	<0,10	0,52	13,5
785/03	Itaquera1-4,8+1,2 1,9<d<2,2	57,2	8,68	2,32	<0,10	1,21	10,7	0,70	1,70	0,43	<0,10	0,56	15,2
786/03	Itaquera1-1,2+0,3 1,9<d<2,2	38,6	16,5	4,75	<0,10	1,64	8,56	1,84	1,23	0,88	0,19	0,26	24,7
787/03	Itaquera1 -25,4+19,1 1,7<d<1,9	60,2	8,45	3,37	<0,10	1,44	7,61	0,83	1,86	0,35	0,12	0,25	15,9
788/03	Itaquera1-19,1+12,7 1,7<d<1,9	44,4	5,30	2,14	<0,10	2,63	18,3	0,87	0,97	0,24	2,38	0,41	23,2
789/03	Itaquera1-12,7+9,52 1,7<d<1,9	45,8	15,0	4,10	<0,10	1,63	6,35	0,98	1,53	0,76	0,12	<0,10	24,7
790/03	Itaquera1-9,52+4,8 1,7<d<1,9	28,5	7,14	2,52	<0,10	1,39	10,8	1,42	0,72	0,40	<0,10	7,37	40,3
791/03	Itaquera1-4,8+1,2 1,7<d<1,9	46,5	8,23	3,76	<0,10	1,66	11,0	1,46	1,49	0,89	0,17	0,41	23,1
792/03	Itaquera1-1,2+0,3 1,7<d<1,9	41,2	14,2	9,08	<0,10	1,42	5,04	2,87	1,57	1,29	0,30	0,16	21,8

Dra. Giuliana Ratti
Pesquisadora do LCT – EPUSP
Química - CRQ 04105009-4^R

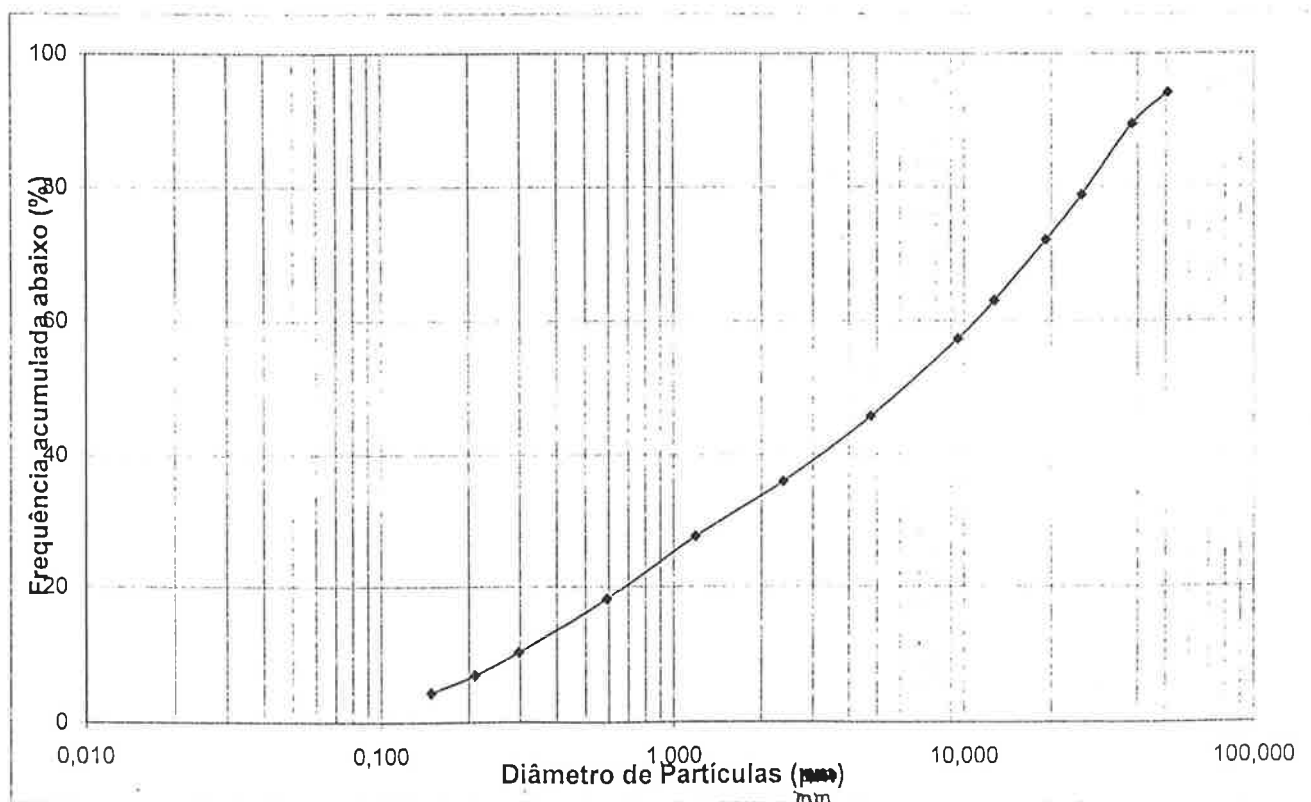
Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT



RESULTADOS DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO



Cliente:	Carina		Projeto:	RCD	
Material:	Itaquera vermelho		Responsável:	Carina	
Tipo de peneir.	seco		Local:	São Paulo	
Massa inicial (g):	83460,00		Data:	31/3/03	
MALHAS (TYLER)	ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% PESO	% ACUMULADA ACIMA	% ACUMULADO ABAIXO
2"	50,800	4900,00	5,87	5,87	94,13
1 1/2"	38,100	3940,00	4,72	10,59	89,41
1"	25,400	8800,00	10,54	21,13	78,87
3/4"	19,100	5680,00	6,80	27,93	72,07
1/2"	12,700	7560,00	9,06	36,99	63,01
3/8"	9,520	4740,00	5,68	42,67	57,33
4	4,760	9640,00	11,55	54,22	45,78
8	2,380	8200,00	9,82	64,04	35,96
14	1,190	7000,00	8,39	72,42	27,58
28	0,590	7860,00	9,42	81,84	18,16
48	0,297	6530,00	7,82	89,66	10,34
65	0,210	2820,00	3,38	93,04	6,96
100	0,149	2160,00	2,59	95,63	4,37
-100		3650,00	4,37	100,00	0,00
MASSA FINAL (g):		83480,00	PERDAS:	(20,00) g	(0,02) %





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO: 444/02

REQ. 457/02

DATA: 22/08/02

CLIENTE: HENRIQUE KAHN / RCD PCC-PMI

TIPO DE ANÁLISE: Quantitativa, por Fluorescência de Raios-X

Resultados em % de óxidos

Nº LCT	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	PF
3028/02	68,4	11,2	3,30	<0,10	0,95	5,76	1,68	3,22	0,42	<0,10	0,17	4,94
3029/02	68,7	11,0	3,20	<0,10	1,09	5,70	1,85	3,02	0,42	0,10	0,27	3,63
3030/02	66,3	10,5	3,42	<0,10	1,28	6,88	1,38	2,71	0,43	0,10	0,16	6,28
3031/02	65,5	9,69	3,38	<0,10	1,03	8,24	0,86	2,81	0,51	0,10	0,24	7,32
3032/02	67,6	8,51	2,52	<0,10	1,39	9,29	0,95	2,53	0,34	<0,10	<0,10	7,54
3033/02	68,6	8,78	3,19	<0,10	0,81	6,45	0,47	2,25	0,50	<0,10	0,27	7,97
3034/02	71,7	7,74	2,73	<0,10	0,76	4,97	0,27	1,58	0,41	<0,10	0,17	7,47
3035/02	71,8	7,57	2,88	<0,10	0,75	4,88	0,23	1,48	0,44	<0,10	<0,10	7,73
3036/02	65,8	9,85	3,30	<0,10	1,03	6,16	0,33	1,73	0,69	<0,10	0,11	9,31
3037/02	48,6	13,5	4,39	<0,10	1,70	10,2	0,49	1,85	0,83	0,15	<0,10	19,1

Nº LCT	Amostra
3028/02	Itaquera vermelho tal qual +19,1
3029/02	Itaquera vermelho tal qual -19,1+12,7
3030/02	Itaquera vermelho tal qual -12,7+9,52
3031/02	Itaquera vermelho tal qual -9,52+4,8
3032/02	Itaquera vermelho tal qual -4,8+2,4
3033/02	Itaquera vermelho tal qual -2,4+1,2
3034/02	Itaquera vermelho tal qual -1,2+0,59
3035/02	Itaquera vermelho tal qual -0,59+0,297
3036/02	Itaquera vermelho tal qual -0,297+0,15
3037/02	Itaquera vermelho tal qual -0,15

Dra. Giluliana Ratti
Pesquisadora do LCT – EPUSP
Química - CRQ 04105009-4ªR

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br

TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO: 104/03

REQ. 096/03

DATA: .6/03/03

CLIENTE: HENRIQUE KAHN

TIPO DE ANÁLISE: Quantitativa, por Fluorescência de Raios-X

Resultados em % de óxidos

Nº LCT	Historico de Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	PF
743/03	Itaquera 2 -25,4+19,1 d>2,5	67,6	8,10	2,60	<0,10	1,84	9,96	0,78	1,65	0,41	<0,10	0,41	5,42
744/03	Itaquera 2 -19,1+12,7 d>2,5	68,5	5,81	2,04	<0,10	2,15	13,0	0,76	1,58	0,33	<0,10	0,43	3,78
745/03	Itaquera 2 -12,7+9,52 d>2,5	62,3	10,9	3,51	<0,10	2,17	13,0	0,74	1,58	0,56	0,11	0,33	4,94
746/03	Itaquera2 -9,52+4,8 d>2,5	55,9	22,6	5,29	<0,10	1,23	4,57	1,39	1,57	1,17	0,17	0,27	4,63
747/03	Itaquera2 -4,8+1,2 d>2,5	72,7	8,89	4,29	<0,10	1,28	3,67	1,83	2,08	0,36	0,13	<0,10	3,96
748/03	Itaquera2 -1,2+0,3 d>2,5	63,3	13,1	4,11	<0,10	0,99	6,29	3,06	4,04	0,55	0,22	<0,10	4,06
749/03	Itaquera2 -25,4+19,1 2,2<d<2,5	64,8	13,0	3,46	<0,10	0,95	3,59	2,91	4,01	0,39	0,17	<0,10	6,75
750/03	Itaquera2 -19,1+12,7 2,2<d<2,5	63,2	12,1	3,45	<0,10	1,00	5,19	2,56	3,96	0,36	0,19	<0,10	8,18
751/03	Itaquera2 -12,7+9,52 2,2<d<2,5	64,3	12,0	4,30	<0,10	0,90	4,84	2,66	3,46	0,40	0,15	<0,10	7,13
752/03	Itaquera2 -9,52+4,8 2,2<d<2,5	69,7	8,44	4,10	<0,10	1,21	3,55	1,74	2,02	0,35	0,13	0,15	9,09
753/03	Itaquera2 -4,8+1,2 2,2<d<2,5	76,4	5,07	3,32	<0,10	0,58	2,30	0,77	1,14	0,24	0,68	0,10	9,71
754/03	Itaquera2 -1,2+0,3 2,2<d<2,5	61,3	9,84	3,06	<0,10	1,12	6,99	1,83	2,97	0,39	0,13	0,23	11,6
755/03	Itaquera2 -25,4+19,1 1,9<d<2,2	62,7	9,45	3,28	<0,10	1,14	7,21	1,76	2,59	0,38	0,12	0,36	10,4
756/03	Itaquera2 -19,1+12,7 1,9<d<2,2	65,5	8,23	2,70	<0,10	0,95	7,23	1,26	2,28	0,35	0,10	0,29	11,8
757/03	Itaquera2 -12,7+9,52 1,9<d<2,2	64,3	7,28	2,31	<0,10	1,01	8,26	0,94	2,06	0,31	<0,10	0,31	12,5
758/03	Itaquera2 -9,52+4,8 1,9<d<2,2	67,3	8,04	2,09	<0,10	0,73	3,64	1,33	2,32	0,30	<0,10	0,24	13,6
759/03	Itaquera2 -4,8+1,2 1,9<d<2,2	54,4	16,4	4,10	<0,10	0,82	4,11	1,25	3,05	0,79	0,11	0,21	13,8
760/03	Itaquera2 -1,2+0,3 1,9<d<2,2	57,8	6,95	2,45	<0,10	1,44	8,24	0,65	1,52	0,36	<0,10	0,60	19,7
761/03	Itaquera2 -25,4+19,1 1,7<d<1,9	46,2	10,3	2,50	<0,10	1,37	7,54	1,50	1,22	0,52	0,13	0,35	27,7
762/03	Itaquera2 -19,1+12,7 1,7<d<1,9	40,7	9,84	3,35	<0,10	2,24	11,1	1,29	1,19	0,49	0,21	0,45	29,5
763/03	Itaquera2 -12,7+9,52 1,7<d<1,9	51,4	15,1	4,18	<0,10	1,26	4,06	1,16	1,42	0,72	0,11	0,14	20,8
764/03	Itaquera2 -9,52+4,8 1,7<d<1,9	48,2	10,7	2,77	<0,10	1,42	7,59	1,54	1,24	0,54	0,14	0,22	24,9
765/03	Itaquera2 -4,8+1,2 1,7<d<1,9	48,0	9,54	4,24	<0,10	1,23	6,55	1,96	1,75	0,77	0,11	0,64	24,9
766/03	Itaquera2 -1,2+0,3 1,7<d<1,9	38,7	22,4	5,73	<0,10	1,40	2,00	1,02	1,57	1,63	0,21	0,63	24,5
767/03	Itaquera 2 -2,4+1,2 1,7 <d<1,9	52,0	11,1	4,08	<0,10	1,16	3,78	2,92	1,83	1,00	0,17	0,16	22,0

Dra. Giuliana Ratti
Pesquisadora do LCT – EPUSP
Química - CRQ 04105009-4ªR

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT

ANEXO K
RESULTADOS DAS ANÁLISES DO RESÍDUO ETE



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO: 086/03

REQ. 088/03

DATA: 25/02/03

CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN

TIPO DE ANÁLISE: Semiquantitativa, por Fluorescência de Raios-X

Resultados em % de óxidos, base calcinada, normalizados a 100%

Nº LCT	700/03	701/03	702/03
Amostra	ETA Cubatão	Lodo ETE Barueri	Lodo ETE Suzano
Na ₂ O		0,49	0,37
MgO	0,62	1,20	1,17
Al ₂ O ₃	7,13	13,3	9,88
SiO ₂	20,9	26,5	13,5
P ₂ O ₅	0,35	10,4	6,33
SO ₃	0,24	11,5	7,78
Cl	0,14	0,34	0,89
K ₂ O	0,92	1,07	0,51
CaO	5,66	11,6	39,3
TiO ₂	0,46	1,81	1,00
Cr ₂ O ₃	0,03	0,30	0,38
MnO	0,34	0,12	0,21
Fe ₂ O ₃	63,0	19,2	16,0
Co ₃ O ₄			0,04
NiO		0,13	0,26
CuO	<<	0,36	0,25
ZnO	0,13	0,97	1,40
Br	0,01	<<	
Rb ₂ O	0,01	0,01	
SrO	0,04	0,04	0,16
Y ₂ O ₃		0,01	
ZrO ₂	0,01	0,08	0,16
Nb ₂ O ₅		<<	
SnO ₂		0,11	0,03
BaO	0,10	0,16	0,32
WO ₃		0,06	
PbO		0,06	0,10

DADOS OPERACIONAIS

Análise Semiquantitativa sem padrões, de Flúor a Urânio

Modo de Cálculo = % de óxidos

<< = Traços (menor que 0,01%)

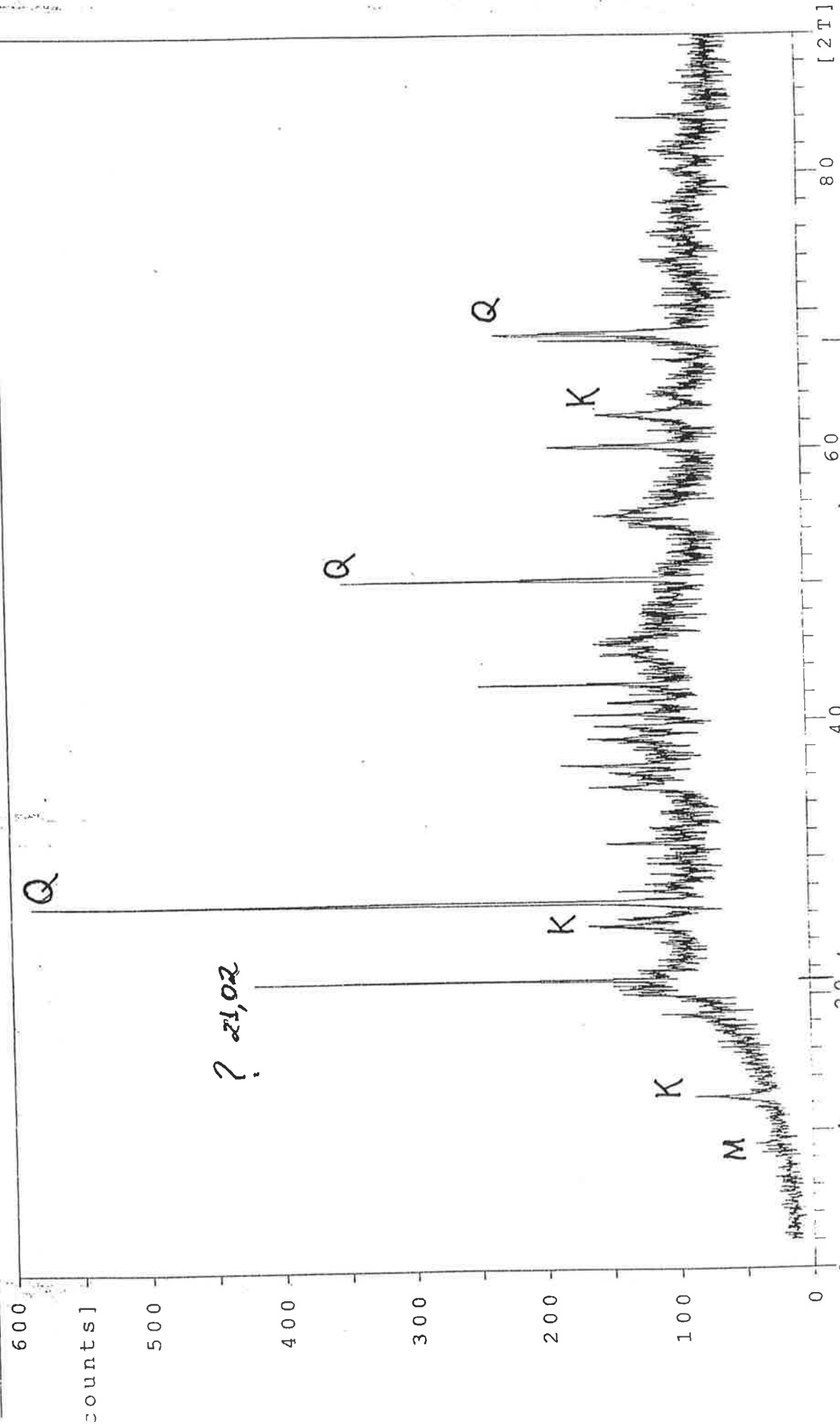
Dra. Giuliana Ratti
Pesquisadora do LCT – EPUSP
Química - CRQ 04105009-4ªR

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT

13-mar-1995 16:27

110

Sample identification: [REDACTED]



? 21,02

Q = quartz
K = caulinita

Raios típicos de feldspatos
1 1 1

LMPSol-PMT-Escola Politecnica da USP

PC-APD, Diffraction software

321

Angle [°2 θ]	d-value a1 [Å]	d-value a2 [Å]	T.width [°2 θ]	Height [counts]	Backgr. [counts]	Rel.int. [%]	Signific
35.200	2.54754	2.55381	0.160	58	88	12.0	0.76
36.155	2.48241	2.48852	0.240	48	90	9.9	1.44
36.715	2.44582	2.45184	0.160	79	90	16.5	1.79
38.645	2.32800	2.33373	0.240	50	92	10.5	2.32
39.620	2.27293	2.27852	0.120	50	92	10.5	1.57
40.450	2.22818	2.23366	0.160	59	94	12.4	1.32
41.250	2.18680	2.19218	0.200	42	96	8.8	1.15
42.640	2.11867	2.12389	0.040	146	98	30.5	4.80
45.590	1.98820	1.99309	0.240	38	104	8.0	0.89
50.305	1.81235	1.81681	0.060	262	88	54.7	0.89
50.450	1.80748	1.81192	0.060	108	88	22.6	0.83
54.515	1.68191	1.68605	0.240	36	86	7.5	0.83
55.030	1.66739	1.67149	0.160	50	88	10.5	1.29
60.140	1.53735	1.54113	0.120	102	77	21.3	1.74
62.480	1.48528	1.48893	0.120	71	77	14.7	0.83
64.015	1.45331	1.45689	0.640	23	76	4.8	0.91
66.355	1.40762	1.41109	0.240	14	76	3.0	0.91
67.875	1.37975	1.38315	0.060	110	77	23.0	0.90
68.250	1.37308	1.37646	0.060	142	77	29.5	1.09
68.490	1.36886	1.37222	0.080	100	77	20.9	0.76
73.650	1.28518	1.28834	0.240	18	77	3.9	0.76
77.535	1.23019	1.23322	0.960	8	77	1.6	1.20
80.075	1.19744	1.20039	0.640	15	71	3.2	1.31
81.535	1.17965	1.18255	0.480	25	69	5.2	1.94
83.950	1.15175	1.15459	0.120	53	66	11.1	2.54

LMPsol-PMT-Escola Politecnica da USP

PC-APD, Diffraction software

D I F F R A C T I O N L I N E S :

Sample identification: XXXXXXXXXX 110

DI file name: GQI5423.D

Input file name: GQI5423

Start angle [$^{\circ}2q$]: 2.000
 End angle [$^{\circ}2q$]: 90.000
 Start d-value [\AA]: 44.13718
 End d-value [\AA]: 1.08937

Maximum number of counts: 480

Anode material: Cu
 a1 Wavelength [\AA]: 1.54060
 a2 Wavelength [\AA]: 1.54439

Intensities for AUTOMATIC slit

Peak positions defined by: Minimum of 2nd derivative of peak
 Minimum peak tip width: 0.00
 Maximum peak tip width: 1.00
 Maximum peak base width: 2.00
 Minimum significance: 0.75
 Number of peaks: 37

D I F F R A C T I O N L I N E S :

Angle [$^{\circ}2q$]	d-value a1 [\AA]	d-value a2 [\AA]	T.width [$^{\circ}2q$]	Height [counts]	Backgr. [counts]	Rel.int. [%]	Signific
8.855	9.97829	10.00284	0.960	5	20	1.1	1.70
12.550	7.04754	7.06487	0.160	48	30	9.9	0.95
18.430	4.81018	4.82201	0.320	19	66	4.0	1.14
20.060	4.42285	4.43373	0.240	41	77	8.5	1.10
21.070	<u>4.21306</u>	<u>4.22343</u>	0.060	342	85	71.4	1.60
25.085	3.54709	3.55582	0.240	58	90	12.0	1.25
25.575	3.48023	3.48879	0.240	40	90	8.3	1.56
26.805	3.32326	3.33144	0.160	480	88	100.0	10.50
27.635	3.22531	3.23324	0.120	41	88	8.5	1.17
29.995	2.97670	2.98402	0.800	9	85	1.9	1.16
31.065	2.87656	2.88364	0.100	62	85	13.0	0.82
32.110	2.78529	2.79214	0.320	14	83	3.0	0.90

ANEXO L
RESULTADOS DAS ANÁLISES DO RESÍDUO RCI



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADO DE ANÁLISE POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

CERTIFICADO: 084/03

DATA: 22/04/2003

CLIENTE: RCD PCC-PMI

AMOSTRA: Itaquera rocha

IDENT. LCT: 097-327.CAF

1. METODOLOGIA

A análise foi efetuada através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios X, marca Philips, modelo MPD 1880.

A identificação das fases cristalinas, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com o banco de dados do ICDD - International Centre for Diffraction Data (Sets 1-45).

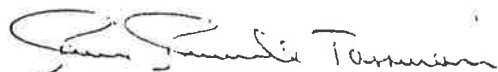
2. RESULTADOS


Os resultados obtidos estão listados na tabela abaixo:

ICDD	Nome do Composto	Fórmula Química	Mineral	Obs
33-1161	Sílica	SiO ₂	Quartzo	
41-1480	Albita	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albita	
19-0932	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio	
26-0911	Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita	e/ou
34-0175	Muscovita	(K,Na)Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Muscovita	
45-1371	Magnesiohornblenda	Ca ₂ (Mg,Fe ⁺²) ₄ Al(Si ₇ Al)O ₂₂ (OH,F) ₂	Magnesiohornblenda	
06-0221	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Caulinita	pp e/ou
11-0388	Antigorita	(Mg _{4.5} Al _{1.5})(Si _{2.5} Al _{1.5})O ₁₀ (OH) ₈	Antigorita	pp

Nota: pp = possível presença

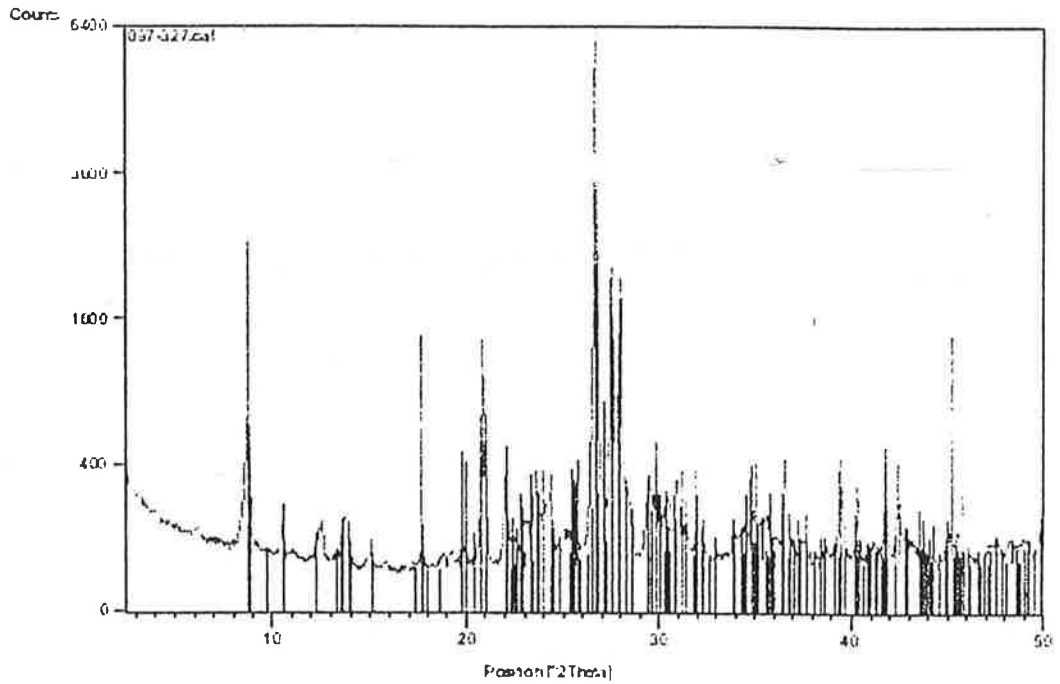
Em anexo é apresentado o difratograma obtido (cor vermelha), onde são assinaladas as linhas de difração correspondente(s) à(s) fase(s) identificada(s) (cada fase em uma cor distinta).


Dra. Maria Manuela Lé Tassinari
Pesquisadora do LCT – EPUSP

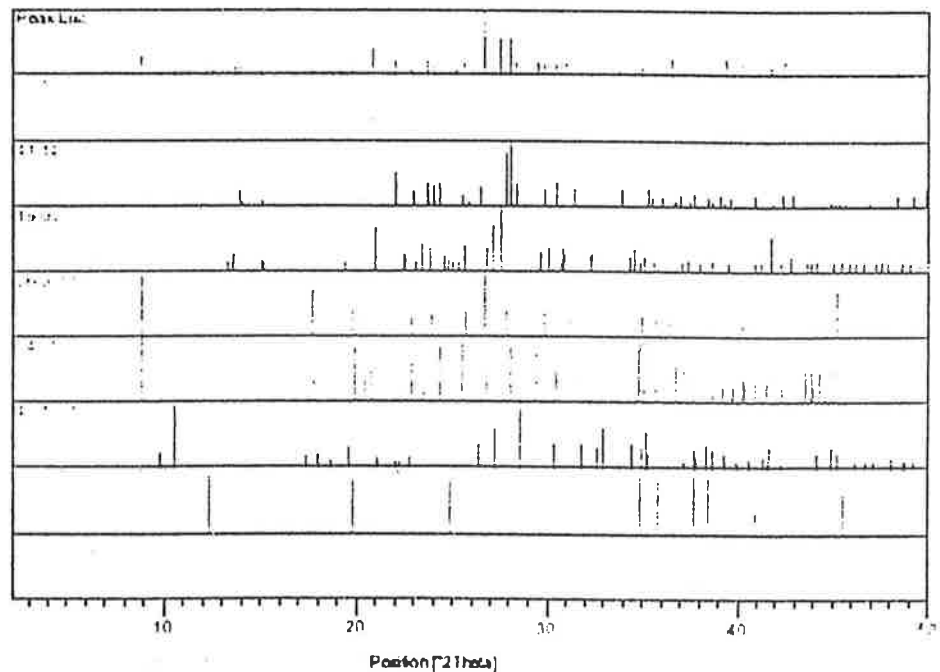

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT



DIFRATOGRAMA DE RAIOS X



FASES IDENTIFICADAS





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3816-5785

RESULTADO DE ANÁLISE POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

CERTIFICADO: 086/03

DATA: 22/04/2003

CLIENTE: RCD PCC-PMI

AMOSTRA: Itaquera cerâmica

IDENT. LCT: 097-329.CAF

1. METODOLOGIA

A análise foi efetuada através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios X, marca Philips, modelo MPD 1880.

A identificação das fases cristalinas, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com o banco de dados do ICDD - International Centre for Diffraction Data (Sets 1-45).

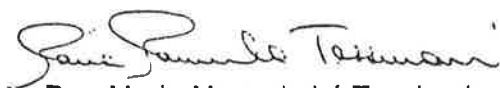
2. RESULTADOS

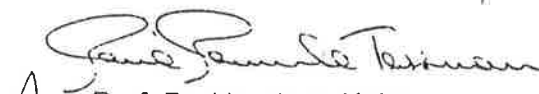
Os resultados obtidos estão listados na tabela abaixo:

ICDD	Nome do Composto	Fórmula Química	Mineral	Obs
33-1161	Sílica	SiO ₂	Quartzo	
13-0534	Hematita	Fe ₂ O ₃	Hematita	
19-0932	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio	
26-0911	Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita	e/ou
21-0993	Muscovita	(K,Na)Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Muscovita	

Nota: pp = possível presença

Em anexo é apresentado o difratograma obtido (cor vermelha), onde são assinaladas as linhas de difração correspondente(s) à(s) fase(s) identificada(s) (cada fase em uma cor distinta).


Dra. Maria Manuela Lé Tassinari
Pesquisadora do LCT – EPUSP


Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT

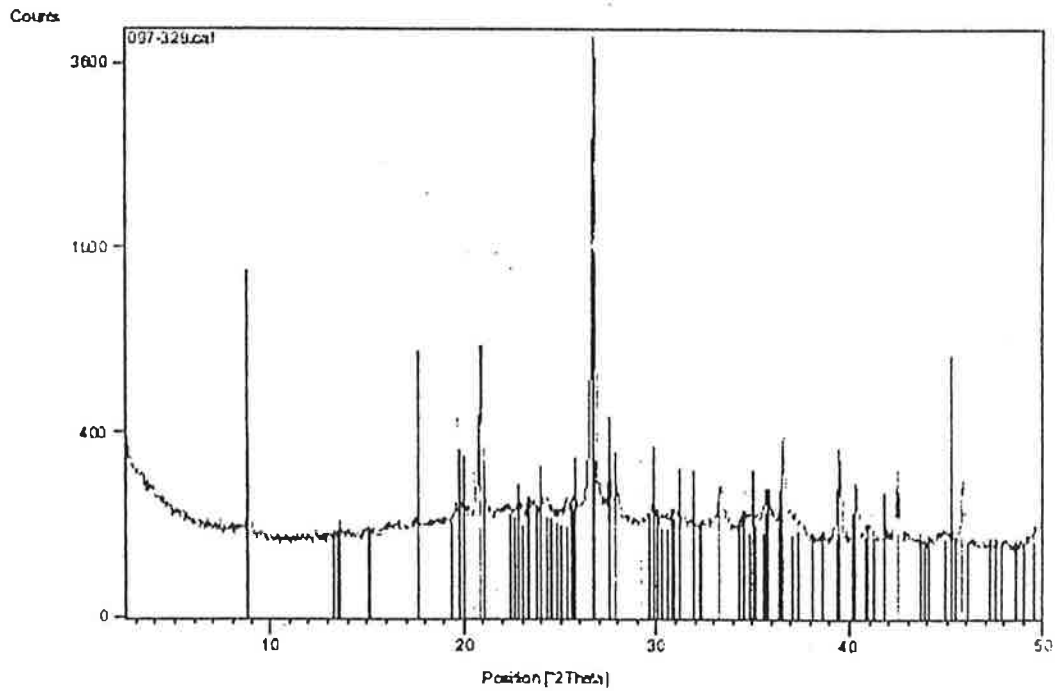


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

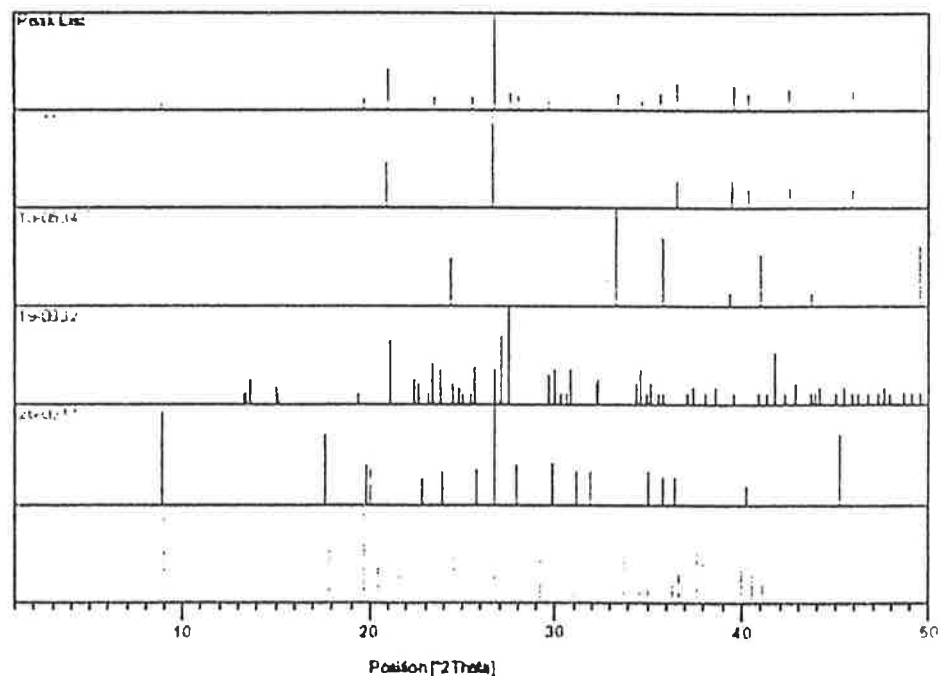
Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

DIFRATOGRAMA DE RAIOS X



FASES IDENTIFICADAS





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

RESULTADO DE ANÁLISE POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

CERTIFICADO: 085/03

DATA: 22/04/2003

CLIENTE: RCD PCC-PMI

AMOSTRA: Itaquera argamassa

IDENT. LCT: 097-328.CAF

1. METODOLOGIA

A análise foi efetuada através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios X, marca Philips, modelo MPD 1880.

A identificação das fases cristalinas, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com o banco de dados do ICDD - International Centre for Diffraction Data (Sets 1-45).

2. RESULTADOS

Os resultados obtidos estão listados na tabela abaixo:

ICDD	Nome do Composto	Fórmula Química	Mineral	Obs
33-1161	Sílica	SiO ₂	Quartzo	
05-0586	Calcita	CaCO ₃	Calcita	
41-1480	Albíta	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Albíta	
19-0932	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	Microclínio	
26-0911	Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Ilita	pp
30-0222	Paraalumohidrocalcita	CaAl ₂ (CO ₃) ₂ (OH) ₄ !6H ₂ O	Paraalumohidrocalcita	pp

Nota: pp = possível presença

Em anexo é apresentado o difratograma obtido (cor vermelha), onde são assinaladas as linhas de difração correspondente(s) à(s) fase(s) identificada(s) (cada fase em uma cor distinta).

Dra. Maria Manuela Lé Tassinari
Pesquisadora do LCT – EPUSP

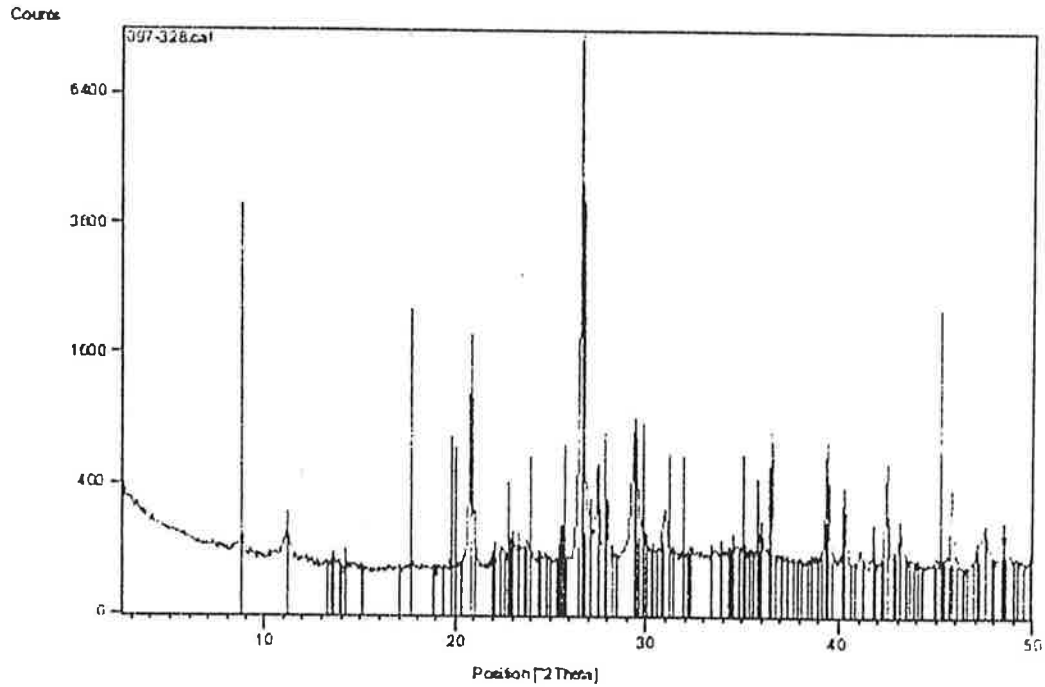
Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT



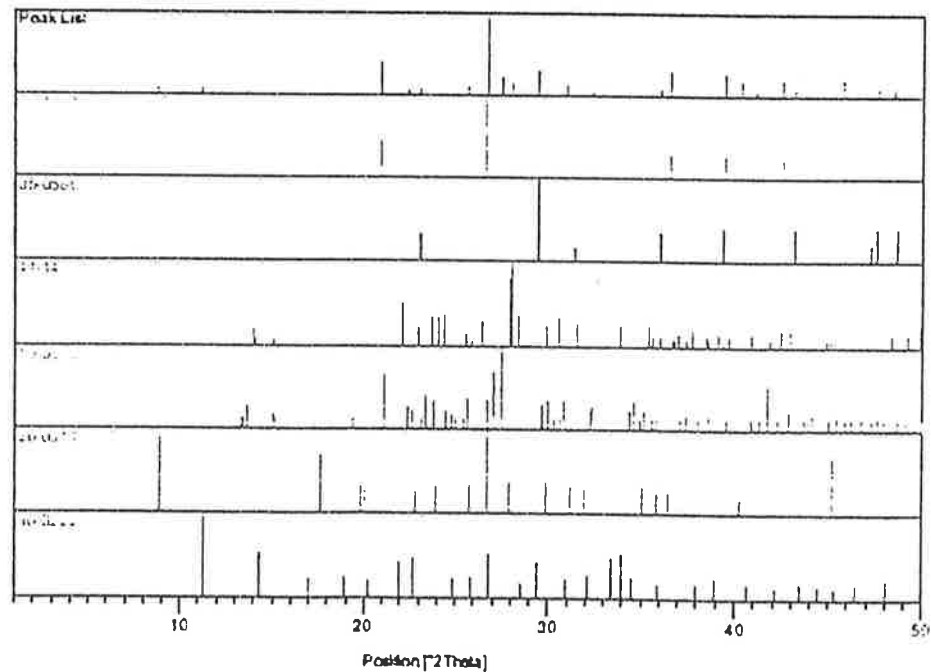
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica – LCT
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - CEP 05508-900 São Paulo - SP e-mail: lct@poli.usp.br
TEL: (0XX11) 3091-5151, 3091-5551 e 3091-5787 FAX (0XX11) 3815-5785

DIFRATOGRAMA DE RAIOS X



FASES IDENTIFICADAS





Rel.: 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo

Fl.: 1/5

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA**
CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Interessado: **FUNDAÇÃO DE APOIO A UNIV. DE SÃO PAULO**
RUA AFRÂNIO PEIXOTO, 14 – BUTANTÃ
05507-000 – SÃO PAULO - SP
 Ret.: (28087)

1. AMOSTRA RECEBIDA

01 (Um) Resíduo identificado como: Itaquera cinza, coletado pelo cliente, e recebido por Bauer Abbo em 14/04/2003.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é a Caracterização Físico-Química do Resíduo Sólido Industrial, para fins de classificação quanto aos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente, quando da sua manipulação e disposição final.

3. COLETA

Efetuada pelo interessado.

4. METODOLOGIA APLICADA

20ª Edição "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", NBR 9898; NBR 12988; e Procedimentos Internos C-003 (Determinação de Cloretos), C-077 (Lixiviação de Resíduos); C-078 (Solubilização de Resíduos); C-155 (Determinação de Cromo Hexavalente), C-158 (Preparação de Resíduos Sólidos para Determinação de Metais por Espectrofotometria – Método da Digestão Ácida com Água Régia), C-165 (Determinação de Óleos e Graxas), C-173 (Tratamento Preliminar para Determinação de Metais), C-192 (Determinação de Cianetos), C-194 (Determinação de Fenol), C-006 (Det. de Sulfatos), C-157 (det. de Fluoreto), C-205 9det. de Surfactantes). C-206 (Det. de Nitratos) e C-211 (Det. de Líquidos Livres).

5. ANÁLISES E ENSAIOS DE LABORATÓRIO**5.1 Análises Físicas – Massa Bruta**

Estado Físico	Sólido
Coloração	Cinza
Densidade.....	---
Umidade	0%
Líquidos Livres.....	Ausentes

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
 Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
 www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

Rel.: 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 2/5

5.2 Análises Físico-Químicas – Massa Bruta

5.2.1 Resultados Obtidos

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo I – Listagem Nº 9 Especificação NBR 10004
Arsênio (As)	4,44mg/kg	1000mg As/kg
Berílio (Be)	Não Detectado	100mg Be/kg
Chumbo (Pb) – Comp. Mineral	11,4mg/kg	1000mg Pb/kg
Cianeto (CN ⁻)	0,49mg/kg	1000mg CN ⁻ /kg
* Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	Não Detectado	100mg Cr/kg
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	0,30mg/kg	10mg Fenol/kg
Mercúrio (Hg)	0,08mg/kg	100mg Hg/kg
Óleos e Graxas	0,06%	5 % em Massa
Selênio (Se)	Não Detectado	100mg Se/kg
Vanádio (V)	18,9mg/kg	1000mg V/kg

* Valor estimado, por não haver Metodologia específica.

5.3 Análises Físico-Químicas – Ensaio de Lixiviação

Foi executado o ensaio de lixiviação do resíduo conforme Norma NBR 10.005.

Para este ensaio foi utilizada uma massa de 100g, adicionados 1600cm³ de Água Destilada, agitado por cinco minutos e verificado o pH inicial.

Esta mistura foi submetida à agitação constante e ajustado o pH para 5,0 ± 0,2 com Ácido Acético 0,5 Normal, após espaços de tempo de 5, 15, 30 e 60 minutos e 24 horas.

O volume foi ajustado para 2000cm³ e filtrado por membrana de 0,45 µm, gerando assim o extrato do lixiviado.

pH Inicial 10,9
 pH Final 5,02
 Quantidade de Ácido Acético (H₃CCOOH)..... 160cm³
 Tempo Total de Lixiviação 24h
 Volume Final de Líquido Obtido 1880cm³

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
 Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
 www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

Rel.: 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 3/55.4 Análises Físico-Químicas – Extrato do Lixiviado

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo G – Listagem Nº 7 Especificação NBR 10004
Arsênio (As)	Não Detectado	5,0mg As/L
Bário (Ba)	0,52mg/L	100,0mg Ba/L
Cádmio (Cd)	Não Detectado	0,5mg Cd/L
Chumbo (Pb)	Não Detectado	5,0mg Pb/L
Cromo Total (Cr)	0,001mg/L	5,0mg Cr/L
Fluoretos (F)	0,60mg/L	150,0mg F/L
Mercúrio (Hg)	Não Detectado	0,1mg Hg/L
Prata (Ag)	0,01mg/L	5,0mg Ag/L
Selênio (Se)	Não Detectado	1,0mg Se/L

5.5 Análises Físico-Químicas – Ensaio de Solubilização

Foi executado o ensaio de solubilização do resíduo conforme Norma NBR 10.006.

Para este ensaio foi utilizada uma massa de 250g, adicionados 1000cm³ de Água Destilada, agitado por cinco minutos, deixando em repouso por sete dias e filtrado por membrana 0,45 µm gerando assim o extrato de solubilizado.

5.6 Análises Físico-Químicas – Extrato do Solubilizado

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo H – Listagem Nº 8 Especificação NBR 10004
Alumínio (Al)	1,23mg/L	0,2mg Al/L
Arsênio (As)	Não Detectado	0,05mg As/L
Bário (Ba)	Não Detectado	1,0mg Ba/L
Cádmio (Cd)	Não Detectado	0,005mg Cd/L
Chumbo (Pb)	0,03mg/L	0,05mg Pb/L
Cianeto (CN)	Não Detectado	0,10mg CN/L
Cloretos (Cl)	7,3mg/L	250,0mg Cl/L
Cobre (Cu)	Não Detectado	1,0mg Cu/L
Cromo Total (Cr)	0,004mg/L	0,05mg Cr/L
Dureza Total (CaCO ₃)	136,6mg/L	500mg/L

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensalada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

Rel.: 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 4/5

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo H – Listagem Nº 8 Especificação NBR 10004
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	Não Detectado	0,001mg Fenol/L
Ferro (Fe)	Não Detectado	0,30mg Fe/L
Fluoretos (F ⁻)	0,07mg/L	1,50mg F ⁻ /L
Manganês (Mn)	0,009mg/L	0,10mg Mn/L
Mercúrio (Hg)	Não Detectado	0,001mg Hg/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	5,7mg/L	10,0mg N/L
Prata (Ag)	Não Detectado	0,05mg Ag/L
Selênio (Se)	Não Detectado	0,01mg Se/L
Sódio (Na)	41,7mg/L	200,0mg Na/L
Surfactantes (LAS)	0,75mg/L	0,20mg LAS/L
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	285,5mg/L	400,0mg SO ₄ ⁻ /L
Zinco (Zn)	1,47mg/L	5,0mg/L

6. AVALIAÇÃO DO RESÍDUO

Nas análises efetuadas na Massa Bruta e no Extrato do Lixiviado, nenhum parâmetro ultrapassou o limite fixado na Norma NBR 10004. Quanto ao Extrato do Solubilizado, os parâmetros: Alumínio (Al) e Surfactantes (LAS) ultrapassaram os limites fixados na Norma 10004.

7. CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO

De acordo com as Características Físico-Químicas apresentadas, e com base na Norma NBR 10004, o resíduo analisado é classificado como: Resíduo Classe II – Não inerte, quanto aos parâmetros determinados.

8. DATA DO ENSAIO

Ensaio realizado no período de 14/04/2003 a 30/04/2003.

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099



laboratório bauer abbo

I.a.falcão bauer
centro tecnológico de controle da qualidade



bna - engenheiros consultores

Rel.: 2339/2/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 5/5

9. PEDIDO DE ENSAIO Nº: 69880

São Paulo, 05 de Maio de 2003.

Daniela Fadul das Eiras
p/ PLÍNIO HERNANDES FORTES FILHO
CRQ nº. 04439187

[Handwritten Signature]
ENG.º JOSÉ ARISTIDES FILHO
CREA nº 061084880 - CRQ nº 04226731
Gerente de Laboratório

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHFF

Grupo
Falcão Bauer

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099



Rel.: 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 1/5

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA
CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Interessado: **FUNDAÇÃO DE APOIO A UNIV. DE SÃO PAULO**
RUA AFRÂNIO PEIXOTO,14 – BUTANTÃ
05507-000 – SÃO PAULO - SP
Ref.: (28087)

1. AMOSTRA RECEBIDA

01 (Um) Resíduo identificado como: Itaquera vermelho, coletado pelo cliente, e recebido por Bauer Abbo em 14/04/2003.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é a Caracterização Físico-Química do Resíduo Sólido Industrial, para fins de classificação quanto aos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente, quando da sua manipulação e disposição final.

3. COLETA

Efetuada pelo interessado.

4. METODOLOGIA APLICADA

20ª Edição "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", NBR 9898; NBR 12988; e Procedimentos Internos C-003 (Determinação de Cloretos), C-077 (Lixiviação de Resíduos); C-078 (Solubilização de Resíduos); C-155 (Determinação de Cromo Hexavalente), C-158 (Preparação de Resíduos Sólidos para Determinação de Metais por Espectrofotometria – Método da Digestão Ácida com Água Régia), C-165 (Determinação de Óleos e Graxas), C-173 (Tratamento Preliminar para Determinação de Metais), C-192 (Determinação de Cianetos), C-194 (Determinação de Fenol), C-006 (Det. de Sulfatos), C-157 (det. de Fluoreto), C-205 9det. de Surfactantes), C-206 (Det. de Nitratos) e C-211 (Det. de Líquidos Livres).

5. ANÁLISES E ENSAIOS DE LABORATÓRIO

5.1 Análises Físicas – Massa Bruta

Estado Físico Sólido
Coloração Vermelho
Densidade..... ---
Umidade 0%
Líquidos Livres..... Ausentes

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
Fillais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
www.falcaoabauer.com.br - bauer@falcaoabauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

Rel.: 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 2/5

5.2 Análises Físico-Químicas – Massa Bruta

5.2.1 Resultados Obtidos

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo I – Listagem Nº 9 Especificação NBR 10004
Arsênio (As)	10,3mg/kg	1000mg As/kg
Berílio (Be)	Não Detectado	100mg Be/kg
Chumbo (Pb) – Comp. Mineral	22,4mg/kg	1000mg Pb/kg
Cianeto (CN ⁻)	0,49mg/kg	1000mg CN ⁻ /kg
* Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	Não Detectado	100mg Cr/kg
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	Não Detectado	10mg Fenol/kg
Mercúrio (Hg)	0,23mg/kg	100mg Hg/kg
Óleos e Graxas	0,12%	5 % em Massa
Selênio (Se)	4,17mg/kg	100mg Se/kg
Vanádio (V)	28,9mg/kg	1000mg V/kg

* Valor estimado, por não haver Metodologia específica.

5.3 Análises Físico-Químicas – Ensaio de Lixiviação

Foi executado o ensaio de lixiviação do resíduo conforme Norma NBR 10.005.

Para este ensaio foi utilizada uma massa de 100g, adicionados 1600cm³ de Água Destilada, agitado por cinco minutos e verificado o pH inicial.

Esta mistura foi submetida à agitação constante e ajustado o pH para $5,0 \pm 0,2$ com Ácido Acético 0,5 Normal, após espaços de tempo de 5, 15, 30 e 60 minutos e 24 horas.

O volume foi ajustado para 2000cm³ e filtrado por membrana de 0,45 µm, gerando assim o extrato do lixiviado.

pH Inicial..... 10,87
 pH Final 5,02
 Quantidade de Ácido Acético (H₃CCOOH)..... 70cm³
 Tempo Total de Lixiviação 24h
 Volume Final de Líquido Obtido 1920cm³

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
 Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (R.J)
 www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

Rel.: 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 3/5**5.4 Análises Físico-Químicas – Extrato do Lixiviado**

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo G – Listagem Nº 7 Especificação NBR 10004
Arsênio (As)	0,05mg/L	5,0mg As/L
Bário (Ba)	0,21mg/L	100,0mg Ba/L
Cádmio (Cd)	Não Detectado	0,5mg Cd/L
Chumbo (Pb)	Não Detectado	5,0mg Pb/L
Cromo Total (Cr)	0,006mg/L	5,0mg Cr/L
Fluoretos (F ⁻)	1,79mg/L	150,0mg F ⁻ /L
Mercúrio (Hg)	Não Detectado	0,1mg Hg/L
Prata (Ag)	0,003mg/L	5,0mg Ag/L
Selênio (Se)	Não Detectado	1,0mg Se/L

5.5 Análises Físico-Químicas – Ensaio de Solubilização

Foi executado o ensaio de solubilização do resíduo conforme Norma NBR 10.006.

Para este ensaio foi utilizada uma massa de 250g, adicionados 1000cm³ de Água Destilada, agitado por cinco minutos, deixando em repouso por sete dias e filtrado por membrana 0,45 µm gerando assim o extrato de solubilizado.

5.6 Análises Físico-Químicas – Extrato do Solubilizado

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo H – Listagem Nº 8 Especificação NBR 10004
Alumínio (Al)	3,78mg/L	0,2mg Al/L
Arsênio (As)	0,01mg/L	0,05mg As/L
Bário (Ba)	0,008mg/L	1,0mg Ba/L
Cádmio (Cd)	0,003mg/L	0,005mg Cd/L
Chumbo (Pb)	Não Detectado	0,05mg Pb/L
Cianeto (CN ⁻)	Não Detectado	0,10mg CN ⁻ /L
Cloretos (Cl ⁻)	11,3mg/L	250,0mg Cl ⁻ /L
Cobre (Cu)	0,02mg/L	1,0mg Cu/L
Cromo Total (Cr)	0,02mg/L	0,05mg Cr/L
Dureza Total (CaCO ₃)	121,5mg/L	500mg/L

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

Rel.: 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 4/5

Parâmetros Determinados	Resultados Obtidos	Anexo H – Listagem Nº 8 Especificação NBR 10004
Fenol (C ₆ H ₅ OH)	Não Detectado	0,001mg Fenol/L
Ferro (Fe)	Não Detectado	0,30mg Fe/L
Fluoretos (F ⁻)	0,024mg/L	1,50mg F ⁻ /L
Manganês (Mn)	Não Detectado	0,10mg Mn/L
Mercúrio (Hg)	Não Detectado	0,001mg Hg/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	7,2mg/L	10,0mg N/L
Prata (Ag)	Não Detectado	0,05mg Ag/L
Selênio (Se)	Não Detectado	0,01mg Se/L
Sódio (Na)	Não Detectado	200,0mg Na/L
Surfactantes (LAS)	0,74mg/L	0,20mg LAS/L
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	193,5mg/L	400,0mg SO ₄ ⁻ /L
Zinco (Zn)	0,004mg/L	5,0mg/L

6. AVALIAÇÃO DO RESÍDUO

Nas análises efetuadas na Massa Bruta e no Extrato do Lixiviado, nenhum parâmetro ultrapassou o limite fixado na Norma NBR 10004. Quanto ao Extrato do Solubilizado, os parâmetros: Alumínio (Al) e Surfactantes (LAS) ultrapassaram os limites fixados na Norma 10004.

7. CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO

De acordo com as Características Físico-Químicas apresentadas, e com base na Norma NBR 10004, o resíduo analisado é classificado como: Resíduo Classe II – Não inerte, quanto aos parâmetros determinados.

8. DATA DO ENSAIO

Ensaio realizado no período de 14/04/2003 a 30/04/2003.

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHEF



laboratório bauer abbo

l.a.falcão bauer
centro tecnológico de controle da qualidade



bna - engenheiros consultores

Rel.: 2339/1/2003-MEA/Bauer-Abbo
Fl.: 5/5

9. PEDIDO DE ENSAIO Nº: 69880

São Paulo, 05 de Maio de 2003.

Daniela Fadul das Eiras
p/ PLÍNIO HERNANDES FORTES FILHO
CRQ nº. 04439187

[Handwritten Signature]
ENG.º JOSÉ ARISTIDES FILHO
CREA nº 5061084880 - CRQ nº 04226731
Gerente de Laboratório

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensalada. A reprodução desse documento somente é permitida na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

JES/PHFF

Grupo
Falcão Bauer

SÃO PAULO: Rua Aquinos, 111 - S.P. - CEP 05036-070 - FONE (11) 3611-0833 - FAX (11) 3611-0170
Filiais: Campinas - São José dos Campos - Santos - Bauru - Rio de Janeiro - (RJ)
www.falcaobauer.com.br - bauer@falcaobauer.com.br - BNA TEL. (11) 3611-0677 / ABBO TEL. (11) 3611-1099

ANEXO M
FICHAS DE ENTREVISTAS ANTIGAS

INTERESSE PELO RESÍDUO

NOME DO ESPECIALISTA: _____

RESÍDUO ANALISADO (Código): _____

ÁREA: _____

INSTITUIÇÃO: _____ Data: _____

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA:

	APROVEITAMENTO ¹	FRAÇÃO DE INTERESSE INTERESSE
1. _____	_____ %	_____
2. _____	_____ %	_____
3. _____	_____ %	_____
4. _____	_____ %	_____
5. _____	_____ %	_____
6. _____	_____ %	_____

¹ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

DADOS DO USO DO RESÍDUO²

USO POTENCIAL: _____

MOTIVOS DO INTERESSE PELO USO	
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____
✓	_____

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ³	
1)	_____
2)	_____
3)	_____
4)	_____
5)	_____
6)	_____
7)	_____
8)	_____
9)	_____
10)	_____
11)	_____
12)	_____

² Preencher esta ficha para cada possibilidade de uso do resíduo na área, indicada na ficha C.1.

³ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

DADOS DO SISTEMA DE RECICLAGEM

DENOMINAÇÃO DO SISTEMA: _____

FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE RECICLAGEM⁴

⁴ Desenhar o fluxograma do sistema de reciclagem, com os principais processos envolvidos considerando o início, a coleta no gerador, e o final, quando o produto confeccionado a partir do resíduo estiver pronto para o uso.

DADOS OCUPACIONAIS DO SISTEMA DE RECICLAGEM
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	PROCESSO/ ATIVIDADE	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radiações não-ionizantes ⁵	Radiações ionizantes (α e β)	Radiações ionizantes (γ e X)	Substâncias explosivas/ inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ⁶
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
	TOTAL										

Altamente improvável: evento com baixa probabilidade de ocorrer, ocorre casualmente.	→	1
Provável: evento com grande probabilidade de ocorrer, ocorre periodicamente.	→	2
Muito provável: evento com altíssima probabilidade de ocorrer, ocorre continuamente.	→	3

⁵ Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

⁶ Poetras minerais (asbestos, mangarés e compostos, sílica cristalizada), arsênio, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

DADOS ECONÔMICOS DO SISTEMA DE RECICLAGEM

DENOMINAÇÃO DO SISTEMA: _____

CUSTOS E INDICADORES

1. Risco do Investimento

 %

2. Investimentos em P&D

3. Espaço físico para as instalações.....

 m²

4. Custos com transporte⁷:

Tipo de Transporte utilizado: _____

_ Local de Transformação: _____

_ Local de fabricação: _____

_ Local do mercado consumidor: _____

5. Possibilidade de reuso do material/ produto reciclado após sua vida-útil:

Altíssima probabilidade de desmontagem (1)

Probabilidade média de desmontagem (3)

Desmontagem praticamente improvável (5)

Análise relativa⁸: _____

6. Reciclabilidade dos resíduos gerados (não desmontável) após sua vida-útil:

Altíssima probabilidade de reciclagem (1)

Probabilidade média de reciclagem (3)

Reciclagem praticamente improvável (5)

Análise relativa: _____

7. Tipo⁷ de resíduo não reciclável gerado após vida útil:

Resíduo Classe III – Inerte (1)

Resíduo Classe II – Não Inerte (3)

Resíduo Classe I – Perigoso (5)

⁷ Considerar os percursos: local de coleta → local de transformação, local de transformação → local de fabricação de materiais/ produtos, local de fabricação → local de consumo

⁸ Análise em relação ao produto convencional (-3: muito inferior; -1: inferior; 0: custo equivalente; +1: custo superior; +3: custo muito superior)

INDICADORES AMBIENTAIS E ECONÓMICOS

PROCESSO/ ATIVIDADE	MÁQUINAS/ EQUIPAMENTOS (tipo e quantidade)	FORMAS DE CONSUMO (máquinas, equipamentos, atividades)											
		ÁGUA (Onde e como*)	ENERGIA (Onde e como*)	COMBUSTÍVEL (Onde e como*)	Matéria-prima (% produção)	MÃO-DE-OBRA A B C D							
APLICAÇÃO →													
FABRICAÇÃO →													
COLETA													
CUSTOS MÁQUINAS													

* Consumo

- Esporádico (menos de 1 vez por semana) → 1
- Semanal (pelo menos 1 vez por semana) → 2
- Diário (pelo menos uma vez ao dia) → 4
- Contínuo (durante todo o funcionamento) → 5

Mão-de-obra:

- A: com especialização
- B: com terceiro grau
- C: com nível técnico
- D: sem escolaridade

INDICADORES AMBIENTAIS E ECONÓMICOS

PROCESSO/ ATIVIDADE	MÁQUINAS/ EQUIPAMENTOS (tipo e quantidade)	FORMAS DE CONSUMO (máquinas, equipamentos, atividades)										
		ÁGUA (Onde e como*)	ENERGIA (Onde e como*)	COMBUSTÍVEL (Onde e como*)	Matéria-prima (% produção)	MÃO-DE-OBRA						
						A	B	C	D			
Uso												
Manutenção												
Desconstrução												
CUSTOS MÁQUINAS												

Consumo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Esporádico (menos de 1 vez por semana) → 1 ➤ Semanal (pelo menos 1 vez por semana) → 2 ➤ Diário (pelo menos uma vez ao dia) → 4 ➤ Contínuo (praticamente ininterrupto) → 5 	Mão-de-obra:	<ul style="list-style-type: none"> A: com especialização B: com terceiro grau C: com nível técnico D: sem escolaridade
---------	---	--------------	--

INDICADORES AMBIENTAIS E ECONÓMICOS

PROCESSO / ATIVIDADE ⁹	EMISSÕES (Qual ?)	EFLUENTES		RESÍDUOS		
		Qual ?	% GERADA ¹⁰	Qual ?	% GERADA	Reciclabilidade
APLICAÇÃO						
→ FABRICAÇÃO						
→ COLETA						

Reciclabilidade

- Altíssima probabilidade de reciclagem → 1
- Probabilidade média de reciclagem → 3
- Reciclagem praticamente improvável → 5

⁹ Incluir Transporte, carga/ descarga e armazenamento.
¹⁰ % em função da tonelada de produto produzido.

DADOS DE MERCADO DO SISTEMA DE RECICLAGEM

DENOMINAÇÃO DO SISTEMA: _____

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (0) não existem concorrentes
 (2) a concorrência é significativa
 (5) a concorrência é extremamente significativa

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) altamente improvável
 (3) improvável
 (5) provável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
- (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
- (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
- (3) significativa
- (5) extremamente significativa

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
- (3) significativo
- (5) extremamente significativo

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
- (3) média escala
- (5) larga escala

ANEXO N
RESULTADOS DAS CONSULTAS AOS
ESPECIALISTAS

AVALIAÇÃO DO RESÍDUO - TEB

Especialista: A

Área: Agregados e aglomerantes

Local: EPUSP - Construção Civil

Data: 22.04.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ¹	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Agregado Leve (após calcinação)	100 %	Insolúvel em ácido
2. Agregado miúdo (após lavagem)	± 17 %	Insolúvel em água
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

CONSIDERAÇÕES

ANÁLISES NECESSÁRIAS:

_ Aplicação 1: Analisar interferência do fosfato e do sulfato no desempenho

_ Aplicação 2: (a) Identificar em que forma o SO_4^{-2} e o PO_4^{-3} estão combinados; (b) Granulometria à úmido do material; (c) análise de imagem; (d) forma do grão

PONTOS CRÍTICOS:

_ Aplicação 1: quantidade elevada de enxofre (geração de gases SO_2) – necessidade de controle de emissões

¹ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
 (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
 (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativa
 (5) extremamente significativa

*Indústria que fornece para
construtoras pode ser significativo.*

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do residuo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativo
 (5) extremamente significativo

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
 (3) média escala
 (5) larga escala

INTERESSE PELO RESÍDUO - RCI

Especialista: E	Área: Materiais Cerâmicos
Local: POLI - Engenharia Metalúrgica e Materiais	Data: 29.04.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ²⁴	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Matéria-prima para cerâmica de revestimento ou cerâmica branca	100 %*	Finos
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ²⁵
1. Queimar resíduo com matéria-prima convencional para ver cor de queima
2. Testar misturas (material sozinha e misturado)
3. Analisar desempenho das frações separadamente
4.
5.
6.

* cerca 5% apenas, se material não for moído

²⁴ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

²⁵ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

ANÁLISE TÉCNICA

USO: Matéria-prima para cerâmica de revestimento ou cerâmica branca

PONTOS POSITIVOS	I	V	OBS.
1. Alto teor de cálcio e sílica	3	1	
2. Presença de quartzo, feldspato e argila	5	1	
3.			
4.			
5.			
6.			

I = importância para o produto final:
 1: pouco importante
 3: importância média
 5: muito importante

V = vantagem sobre o convencional:
 1: praticamente nenhuma
 3: pequena vantagem
 5: grande vantagem

PONTOS NEGATIVOS	G	PC	OBS.
1. Granulometria elevada (diâmetro muito alto)	5	3	
2. Material pouco plástico (não poderia ser usado sozinho)	3	5	
3.			
4.			
5.			
6.			

G = gravidade:
 1: pequena
 3: média
 5: alta

PC = potencial problema ser contornado (técnica/e):
 1: praticamente nenhum
 3: médio
 5: elevado

ANÁLISE ECONÔMICA

PONTOS POSITIVOS	BP	OBS.
1. Substituí matéria-prima muito mais cara	3	
2. Diminuí muito distância de transporte	5	Jazidas localizadas fora do estado
3.		
4.		
5.		
6.		

BP= benefício potencial sobre o custo final:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

PONTOS NEGATIVOS	IC	AG	OBS.
1. Necessidade de moer todo o material	3	S	Granulometria elevada
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

IC = impacto no custo final do produto:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

AG = custo pode ser assumido pelo gerador?
 S: sim
 N: não

RECICLADOR: PAGARIA PELO RESÍDUO COBRARIA PELO "SERVIÇO" "ACEITARIA" O RESÍDUO

INVESTIMENTOS EM P&D : R\$ 30.000,00 (partindo dos resultados apresentado) R\$55.000,00 (refazendo todos os ensaios)*

RISCO DO NEGÓCIO %

* partindo do princípio que nenhum equipamento ou aparelho será comprado para a realização dos ensaios (serão pagos laboratórios que já realizam os ensaios necessários).

ANÁLISE AMBIENTAL

MUDANÇAS NO PROCESSO ATUAL:	S
Consumo de água	0
Consumo de energia	5*
Consumo de combustível	-5
Consumo de matéria-prima	-3
Consumo de mão-de-obra	0
Distâncias de transporte	-5
Geração de emissões	-3**
Geração de efluentes	0
Geração de resíduos	3
Necessidade de novas máquinas/ equipamentos	3*
Possibilidade de reuso do produto após vida-útil	0
Reciclabilidade do produto após vida-útil	0
Periculosidade do resíduo gerado após vida-útil	0

S = situação:
 -5: diminui muito
 -3: diminui
 0: praticamente igual
 3: aumenta
 5: aumenta muito

PONTOS POSITIVOS (foco no processo de reciclagem e não no resíduo)	I	OBS.
1. Diminui consumo recursos naturais (argila)	2	
2.		
3.		
4.		
5.		

I = importância atribuída:
 1: baixa
 2: média
 3: alta

PONTOS NEGATIVOS	I	OBS.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

* Moagem do resíduo

** Aumenta a emissão de poeira com a moagem do material (que pode ser facilmente controlada), mas com a redução das distâncias de transportes, diminuem muito as emissões pela queima de combustível.

ANÁLISE OCUPACIONAL

Preencher apenas para as novas atividades ou processos necessários à reciclagem (independente de onde será feita: no gerador ou no reciclador)

OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	NOVOS PROCESSOS OU ATIVIDADES	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radiações não-ionizantes ²⁶	Radiações ionizantes (α e β)	Radiações ionizantes (γ e X)	Substâncias explosivas / inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ²⁷
1	Moagem / Britagem	X	X								Poeira (sílica)
2											
3											
4											
5											
TOTAL											

²⁶ Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

²⁷ Poeiras minerais (asbestos, manganês e compostos, sílica cristalizada), arsênio, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

ANÁLISE DE MERCADO

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (1) a concorrência é extremamente significativa
 (2) a concorrência é significativa
 (5) não existem concorrentes

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) provável
 (3) improvável
 (5) altamente improvável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
 (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
 (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativa
 (5) extremamente significativa*

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativo
 (5) extremamente significativo

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
 (3) média escala
 (5) larga escala

* dependendo do mercado a valorização pode ser negativa, por exemplo, para o mercado de material cerâmico de utensílios de cozinha.

INTERESSE PELO RESÍDUO - TEB

Especialista: F	Área: Materiais Cerâmicos
Local: POLI - Engenharia Metalúrgica e Materiais	Data: 29.04.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ²⁸	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Matéria-prima para cerâmica vermelha	< 30 %	Sólidos
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ²⁹	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

²⁸ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

²⁹ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

ANÁLISE TÉCNICA

USO: Matéria-prima para cerâmica vermelha

PONTOS POSITIVOS	I	V	OBS.
1. Presença de ferro, cálcio, sílica e alumínio	3	1	
2.	5	1	
3.	3	5	
4.			
5.			
6.			

I = importância para o produto final:
 1: pouco importante
 3: importância média
 5: muito importante

V = vantagem sobre o convencional:
 1: praticamente nenhuma
 3: pequena vantagem
 5: grande vantagem

PONTOS NEGATIVOS	G	PC	OBS.
1. Grande quantidade de enxofre	5	5	Custo elevado de controle de gases
2. Grande quantidade de água (material precisa ser seco)	5	3	
3. Fósforo abaixa temperatura de fusão			Complica o controle do sistema
4.			
5.			
6.			

G = gravidade:
 1: pequena
 3: média
 5: alta

PC = potencial problema ser contornado (técnica/e):
 1: praticamente nenhum
 3: médio
 5: elevado

--	--

ANÁLISE ECONÔMICA

PONTOS POSITIVOS	BP	OBS.
1. Redução consumo combustível para queima	3	Devido presença de M.O.
2. Redução consumo matéria-prima	1	
3.		
4.		
5.		
6.		

BP = benefício potencial sobre o custo final:

- 1: significativo
3: muito significativo
5: extremamente significativo

PONTOS NEGATIVOS	IC	AG	OBS.
1. Controle de liberação de gases	1	N	
2. Necessidade de secagem do lodo	2	S	
3. Necessidade de controle da variabilidade do resíduo	3	S	
4.			
5.			
6.			

IC = impacto no custo final do produto:

- 1: significativo
3: muito significativo
5: extremamente significativo

AG = custo pode ser assumido pelo gerador?

- S: sim
N: não

RECICLADOR: PAGARIA PELO RESÍDUO COBRARIA PELO "SERVIÇO" "ACEITARIA" O RESÍDUO

INVESTIMENTOS EM P&D : R\$ 100.000,00

RISCO DO NEGÓCIO %

Argila Vermelha: ± R\$1/ t

Caulim Branco: ± R\$350/ t

Argilito: ± R\$50/ t

ANÁLISE AMBIENTAL

MUDANÇAS NO PROCESSO ATUAL:	S
Consumo de água	0
Consumo de energia	3*
Consumo de combustível	-3
Consumo de matéria-prima	-3
Consumo de mão-de-obra	0
Distâncias de transporte	0
Geração de emissões	5**
Geração de efluentes	3
Geração de resíduos	0
Necessidade de novas máquinas/ equipamentos	3**
Possibilidade de reuso do produto após vida-útil	0
Reciclabilidade do produto após vida-útil	0
Periculosidade do resíduo gerado após vida-útil	0

S = situação:
 -5: diminui muito
 -3: diminui
 0: praticamente igual
 3: aumenta
 5: aumenta muito

PONTOS POSITIVOS (foco no processo de reciclagem e não no resíduo)	I	OBS.
1. Diminui consumo recursos naturais (agregados)	2	
2. Consome resíduos	3	
3.		
4.		
5.		

I = importância atribuída:
 1: baixa
 2: média
 3: alta

PONTOS NEGATIVOS	I	OBS.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

* Secagem do lodo

** Emissão de SO₂ na queima e necessidade de equipamento para controle de gases

ANÁLISE OCUPACIONAL

Preencher apenas para as novas atividades ou processos necessários à reciclagem (independente de onde será feita: no gerador ou no reciclador)

OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	NOVOS PROCESSOS OU ATIVIDADES	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radiações não-ionizantes ³⁰	Radiações (α e β) ionizantes	Radiações (γ e X) ionizantes	Substâncias explosivas/inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ³¹
1	Secagem do lodo				X						Vapores com patógenicos
2											
3											
4											
5											
TOTAL											

³⁰ Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

³¹ Poeiras minerais (asbestos, manganês e compostos, sílica cristalizada), arsênio, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

ANÁLISE DE MERCADO

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (1) a concorrência é extremamente significativa
 (2) a concorrência é significativa
 (5) não existem concorrentes

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) provável
 (3) improvável
 (5) altamente improvável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
 (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
 (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativa
 (5) extremamente significativa

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativo
 (5) extremamente significativo

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
 (3) média escala
 (5) larga escala

INTERESSE PELO RESÍDUO - RCI

Especialista: F	Área: Materiais Cerâmicos
Local: POLI - Engenharia Metalúrgica e Materiais	Data: 29.04.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ³²	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Matéria-prima para cerâmica vermelha (tijolo ou telha)	100 %*	Integral
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ³³
1. Resistência à abrasão de cada fração do resíduo
2.
3.
4.
5.
6.

* desde que moído (< #100)

³² Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

³³ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

ANÁLISE TÉCNICA

USO: Matéria-prima para cerâmica vermelha

PONTOS POSITIVOS	I	V	OBS.
1. Grande quantidade de sílica e ferro	3	1	
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

I = importância para o produto final:

- 1: pouco importante
- 3: importância média
- 5: muito importante

V = vantagem sobre o convencional:

- 1: praticamente nenhuma
- 3: pequena vantagem
- 5: grande vantagem

PONTOS NEGATIVOS	G	PC	OBS.
1. Granulometria elevada (diâmetro muito alto)	3	5	
2. Material pouco plástico	3	5	
3.			
4.			
5.			
6.			

G = gravidade:

- 1: pequena
- 3: média
- 5: alta

PC = potencial problema ser contornado (técnica/e):

- 1: praticamente nenhum
- 3: médio
- 5: elevado

--	--

ANÁLISE ECONÔMICA

PONTOS POSITIVOS	BP	OBS.
1. Redução consumo matérias primas	3	
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

BP= benefício potencial sobre o custo final:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

PONTOS NEGATIVOS	IC	AG	OBS.
1. Necessidade de moer todo o material	3	S	
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

IC = impacto no custo final do produto:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

AG = custo pode ser assumido pelo gerador?
 S: sim
 N: não

RECICLADOR: PAGARIA PELO RESÍDUO COBRARIA PELO "SERVIÇO" "ACEITARIA" O RESÍDUO

INVESTIMENTOS EM P&D : R\$ 100.000,00

RISCO DO NEGÓCIO %

ANÁLISE AMBIENTAL

MUDANÇAS NO PROCESSO ATUAL:	S
Consumo de água	0
Consumo de energia	5*
Consumo de combustível	0
Consumo de matéria-prima	-3
Consumo de mão-de-obra	0
Distâncias de transporte	0
Geração de emissões	3**
Geração de efluentes	0
Geração de resíduos	0***
Necessidade de novas máquinas/ equipamentos	3*
Possibilidade de reuso do produto após vida-útil	0
Reciclabilidade do produto após vida-útil	0
Periculosidade do resíduo gerado após vida-útil	0

S = situação:
 -5: diminui muito
 -3: diminui
 0: praticamente igual
 3: aumenta
 5: aumenta muito

PONTOS POSITIVOS (foco no processo de reciclagem e não no resíduo)	I	OBS.
1. Diminui consumo recursos naturais (argila)	2	
2.		
3.		
4.		
5.		

I = importância atribuída:
 1: baixa
 2: média
 3: alta

PONTOS NEGATIVOS	I	OBS.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

* Moagem do resíduo

** Emissão de poeira com a britagem/ moagem do material

*** Materiais não minerais como madeira, plástico, papel, etc. devem ser removidos do processo mas podem fazer parte de um processo de melhoria da qualidade das centrais de processamento de entulho. Hoje, dificilmente a indústria cerâmica aceitará este material para ainda precisar retirar estas frações

ANÁLISE OCUPACIONAL

Preencher apenas para as novas atividades ou processos necessários à reciclagem (independente de onde será feita: no gerador ou no reciclador)

OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	NOVOS PROCESSOS OU ATIVIDADES	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radições não-ionizantes ³⁴	Radições ionizantes (α e β)	Radições ionizantes (γ e X)	Substâncias explosivas/inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ³⁵
1	Moagem/ Britagem	X	X								Poeira (sílica)
2											
3											
4											
5											
TOTAL											

³⁴ Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

³⁵ Poeiras minerais (asbestos, manganês e compostos, sílica cristalizada), arsênio, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

ANÁLISE DE MERCADO

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (1) a concorrência é extremamente significativa
 (2) a concorrência é significativa
 (5) não existem concorrentes

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) provável
 (3) improvável
 (5) altamente improvável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
- (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
- (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
- (3) significativa
- (5) extremamente significativa*

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
- (3) significativo
- (5) extremamente significativo

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
- (3) média escala
- (5) larga escala

AVALIAÇÃO DO RESÍDUO - TEB

Especialista: G

Área: Caracterização tecnológica de minerais

Local: POLI - Engenharia de Minas

Data: 13.05.2003

USOS POSSÍVEIS	APROVEITAMENTO	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Co-processamento em fornos de cimento	± 30 %	Fração sólida
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

CONSIDERAÇÕES

PONTOS NEGATIVOS:

- _ Excesso de água (necessidade de secar o material)
- _ Quantidade elevada de enxofre (geração de gases SOx) - pode ser corrigido na dosagem
- _ Alta quantidade de cloro - pode ser corrigido na dosagem

Sugestão: Estudar a possibilidade de alteração dos parâmetros físico-químicos da superfície da fração sólida, para diminuir a quantidade de água do resíduo.

AVALIAÇÃO DO RESÍDUO - RCI

Especialista: G

Área: Caracterização tecnológica de minerais

Local: POLI - Engenharia de Minas

Data: 13.05.2003

USOS POSSÍVEIS	APROVEITAMENTO	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Agregado para concreto	%	Fração mais densa
2. Agregado para artefatos de concreto	%	
3. Indústria cerâmica	%	Fração mais fina
4.	%	
5.	%	
6.	%	

CONSIDERAÇÕES

- _ Tentar usar reciclagens integradas
- _ Procurar utilizações próximas ao mercado consumidor (urbanas) pois o transporte geralmente encarece a reciclagem
- _ Procurar utilizações de grandes volumes pois a quantidade gerada é muito grande
- _ Por outro lado, por tratar-se de um resíduo muito heterogêneo, os custos de gestão para a reciclagem são muito grandes e as pequenas empresas podem simplificar os processos e reduzir estes custos

INTERESSE PELO RESÍDUO - TEB

Especialista: H

Área: Concretos e Argamassas - Construção Civil

Local: FEC - Unicamp

Data: 17.05.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ³⁶	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Uso como adição para argamassas e concretos (após queima da matéria orgânica)	± 17 %	Mineral
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ³⁷
1.
2.
3.
4.
5.
6.

³⁶ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

³⁷ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

ANÁLISE TÉCNICA

USO: Uso como adição para argamassas e concretos

PONTOS POSITIVOS	I	V	OBS.
1. Grande quantidade de sílica e cálcio	5	1	
2. Granulometria apropriada	1	1	
3.			
4.			
5.			
6.			

I = importância para o produto final:
 1: pouco importante
 3: importância média
 5: muito importante

V = vantagem sobre o convencional:
 1: praticamente nenhuma
 3: pequena vantagem
 5: grande vantagem

PONTOS NEGATIVOS	G	PC	OBS.
1. Presença de matéria orgânica (grande quantidade)	5	3	
2. Odor exalado pelo resíduo	5	1	
3.			
4.			
5.			
6.			

G = gravidade:
 1: pequena
 3: média
 5: alta

PC = potencial problema ser contornado (técnica/e):
 1: praticamente nenhum
 3: médio
 5: elevado

--	--

ANÁLISE ECONÔMICA

PONTOS POSITIVOS	BP	OBS.
1. Reduz custos de transporte com agregados (jazidas distantes dos grandes centros de consumo)	3	
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

BP= benefício potencial sobre o custo final:

- 1: significativo
3: muito significativo
5: extremamente significativo

PONTOS NEGATIVOS	IC	AG	OBS.
1. Necessidade de retirar matéria orgânica*	3	S	
2. Necessidade de controlar emissão de gases na queima	3	N	
3.			
4.			
5.			
6.			

IC = impacto no custo final do produto:

- 1: significativo
3: muito significativo
5: extremamente significativo

AG = custo pode ser assumido pelo gerador?

- S: sim
N: não

RECICLADOR: PAGARIA PELO RESÍDUO COBRARIA PELO "SERVIÇO" "ACEITARIA" O RESÍDUO

INVESTIMENTOS EM P&D : ± R\$ 30.000,00

RISCO DO NEGÓCIO %

* O setor (construção civil) só consumiria este produto se ele chegasse pronto (sem a matéria orgânica) ao local de consumo (obras); logo isso deve ser feito por uma indústria que queime o resíduo (gerador, outro setor, etc.)

** O resíduo pode ser até comprado (construção civil pagaria pelo resíduo) mas tudo vai depender do desempenho demonstrado em P&D.

ANÁLISE AMBIENTAL

MUDANÇAS NO PROCESSO ATUAL:	S
Consumo de água	0
Consumo de energia	3*
Consumo de combustível	-3**
Consumo de matéria-prima	-3
Consumo de mão-de-obra	0
Distâncias de transporte	-3**
Geração de emissões	0***
Geração de efluentes	0
Geração de resíduos	0
Necessidade de novas máquinas/ equipamentos	3*
Possibilidade de reuso do produto após vida-útil	0
Reciclabilidade do produto após vida-útil	0
Periculosidade do resíduo gerado após vida-útil	0

S = situação:
 -5: diminui muito
 -3: diminui
 0: praticamente igual
 3: aumenta
 5: aumenta muito

PONTOS POSITIVOS (foco no processo de reciclagem e não no resíduo)	I	OBS.
1. Diminui consumo recursos naturais (agregados)	2	
2. Consome resíduos	3	
3.		
4.		
5.		

I = importância atribuída:

1: baixa
 2: média
 3: alta

PONTOS NEGATIVOS	I	OBS.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

* Caso o processo gere alguma escória, dependendo da granulometria ela terá de ser moída (gerando ruído e poeira).

** Como substituí areia que geralmente vem de áreas distantes dos grandes centros, diminuí distâncias de transporte.

*** Gera poeira (que pode ser controlada), diminuí a emissão resultante do transporte, mas aumenta emissão na queima do resíduo

ANÁLISE OCUPACIONAL

Preencher apenas para as novas atividades ou processos necessários à reciclagem (independente de onde será feita: no gerador ou no reciclador)

OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	NOVOS PROCESSOS OU ATIVIDADES	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radiações não-ionizantes ³⁸	Radiações (α e β) ionizantes	Radiações (γ e X) ionizantes	Substâncias explosivas/ inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ³⁹
1	Queima				X						
2	Moagem (escória)	X	X								
3											
4											
5											
TOTAL											

³⁸ Raito laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

³⁹ Poeiras minerais (asbestos, manganês e compostos; sílica cristalizada), arsênio, carvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

ANÁLISE DE MERCADO

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (1) a concorrência é extremamente significativa
 (2) a concorrência é significativa
 (5) não existem concorrentes

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) provável
 (3) improvável
 (5) altamente improvável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

Difícil dizer neste momento.

Por enquanto, inexistentes.

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
 (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
 (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativa
 (5) extremamente significativa

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativo
 (5) extremamente significativo

*Depende de viabilidade
econômica*

*Depende dos resultados de P&D e das aplicações
específicas (exemplo: mercado de concreto leve é
diferente de mercado de concreto massa)*

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
 (3) média escala
 (5) larga escala

INTERESSE PELO RESÍDUO - RCI

Especialista: H	Área: Concretos e Argamassas - Construção Civil
Local: FEC - Unicamp	Data: 17.05.2003

USOS POSSÍVEIS NA ÁREA	APROVEITAMENTO ⁴⁰	FRAÇÃO DE INTERESSE
1. Agregado para concreto e argamassas	100 %	integral
2.	%	
3.	%	
4.	%	
5.	%	
6.	%	

ENSAIOS ADICIONAIS A SEREM DESENVOLVIDOS ⁴¹
1. Avaliar reação álcali agregado
2.
3.
4.
5.
6.

⁴⁰ Informar a % aproximada do resíduo que pode ser reciclada no uso indicado.

⁴¹ Ensaios/ testes a serem efetuados para comprovar se o resíduo realmente pode ser usado na área do especialista.

ANÁLISE TÉCNICA

USO: Agregado para concreto e argamassas

PONTOS POSITIVOS	I	V	OBS.
1. Distribuição granulométrica apropriada	3	1	
2. Presença de sílica e cálcio	5	1	
3. Forma granular	5	1	
4.			
5.			
6.			

I = importância para o produto final:

1: pouco importante
3: importância média
5: muito importante

V = vantagem sobre o convencional:

1: praticamente nenhuma
3: pequena vantagem
5: grande vantagem

PONTOS NEGATIVOS	G	PC	OBS.
1. Presença de superfícies lisas	3	3	
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

G = gravidade:

1: pequena
3: média
5: alta

PC = potencial problema ser contornado (técnica/e):

1: praticamente nenhum
3: médio
5: elevado

--	--

ANÁLISE ECONÔMICA

PONTOS POSITIVOS	BP	OBS.
1. Reduz custos de transporte com agregados (jazidas distantes dos grandes centros de consumo)	3	
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

BP= benefício potencial sobre o custo final:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

PONTOS NEGATIVOS	IC	AG	OBS.
1. Necessidade de peneirar ou britar material *	3	S	
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

IC = impacto no custo final do produto:
 1: significativo
 3: muito significativo
 5: extremamente significativo

AG = custo pode ser assumido pelo gerador?
 S: sim
 N: não

RECICLADOR: PAGARIA PELO RESÍDUO ** COBRARIA PELO "SERVIÇO" "ACEITARIA" O RESÍDUO

INVESTIMENTOS EM P&D : ± R\$ 30.000,00

RISCO DO NEGÓCIO %

* Vai depender dos estudos de P&D

** O resíduo pode ser até comprado (construção civil pagaria pelo resíduo) mas tudo vai depender do desempenho demonstrado em P&D.

ANÁLISE AMBIENTAL

MUDANÇAS NO PROCESSO ATUAL:	S
Consumo de água	3
Consumo de energia	3*
Consumo de combustível	-3**
Consumo de matéria-prima	-5
Consumo de mão-de-obra	0
Distâncias de transporte	-3
Geração de emissões	-3**
Geração de efluentes	0
Geração de resíduos	0***
Necessidade de novas máquinas/ equipamentos	0***
Possibilidade de reuso do produto após vida-útil	0
Reciclabilidade do produto após vida-útil	0
Periculosidade do resíduo gerado após vida-útil	0

S = situação:
 -5: diminui muito
 -3: diminui
 0: praticamente igual
 3: aumenta
 5: aumenta muito

PONTOS POSITIVOS (foco no processo de reciclagem e não no resíduo)	I	OBS.
1. Diminui consumo recursos naturais (agregados)	2	
2. Consome resíduos	3	
3.		
4.		
5.		

I = importância atribuída:
 1: baixa
 2: média
 3: alta

PONTOS NEGATIVOS	I	OBS.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

* Peneiramento/ britagem.

** Devido a redução das distâncias de transportes

*** Depende de P&D para saber se precisa limpar material

ANÁLISE OCUPACIONAL

Preencher apenas para as novas atividades ou processos necessários à reciclagem (independente de onde será feita: no gerador ou no reciclador)

OCORRÊNCIA DE PERIGOS

	NOVOS PROCESSOS OU ATIVIDADES	Ruídos	Vibrações	Frio	Calor	Esforço físico intenso	Radiações não-ionizantes ⁴²	Radiações (α e β)	Radiações (γ e X)	Substâncias explosivas/ inflamáveis	Substâncias insalubres (especificar substâncias) ⁴³
1	Britagem/ peneiramento	1	1								Poeira (sílica)
2											
3											
4											
5											
TOTAL											

⁴² Raio laser, infra-vermelho, ultra-violeta, microondas

⁴³ Poeiras minerais (asbestos, manganês e compostos, sílica cristalizada), arsênio, curvão, chumbo, cromo, fósforo, hidrocarbonetos, mercúrio, silicatos, benzeno, agentes biológicos, etc.

ANÁLISE DE MERCADO

A) CONCORRÊNCIA COM OUTROS PRODUTOS

1. Oferta de produtos concorrentes

- (1) a concorrência é extremamente significativa
 (2) a concorrência é significativa
 (5) não existem concorrentes

2. Tendência de novos produtos no mercado (curto a médio prazo)

- (1) provável
 (3) improvável
 (5) altamente improvável

B) INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

3. Vantagens tecnológicas do produto reciclado sobre os concorrentes

- (1) vantagens inexistentes ou insignificantes
 (3) vantagens significativas: _____
 (5) vantagens extremamente significativas: _____

Difícil dizer neste momento

4. Capacidade do consumidor em identificar vantagens tecnológicas

- (1) potencial baixo (ex.: consumidor não é profissional da área)
 (3) potencial médio (ex.: consumidor é profissional da área)
 (5) potencial alto (ex.: consumidor é outra indústria)

5. Desenvolvimento tecnológico do mercado

- (1) muito alto
 (3) médio
 (5) muito baixo

C) INCENTIVOS AOS PRODUTOS/ SISTEMAS DE RECICLAGEM

6. Incentivos fiscais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

7. Incentivos legais

- (0) Incentivos inexistentes
 (1) Existem poucos incentivos
 (5) Existem vários incentivos

D) DEMANDA PARA O PRODUTO RECICLADO**8. Necessidade de produtos com as características técnicas do reciclado**

- (0) necessidade inexistente
 (1) existe a necessidade, já satisfeita por produtos convencionais
 (5) existe a necessidade, não satisfeita por outros produtos

9. Valorização dos "produtos verdes" pelos consumidores

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativa
 (5) extremamente significativa

E) ASPECTOS DO SISTEMA PRODUTIVO**10. Interesse industrial (indústria recicladora) na reciclagem do resíduo**

- (1) praticamente insignificante ou inexistente
 (3) significativo
 (5) extremamente significativo

*Depende de viabilidade
econômica*

11. Escala produtiva do sistema de reciclagem

- (1) pequena escala – praticamente manual
 (3) média escala
 (5) larga escala

ANEXO O
CÁLCULO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS
SISTEMAS DE RECICLAGEM

1 - Desempenho Ambiental do Sistema TEB I

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de energia	5,0	8,5	42,5
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Geração de emissões	3,0	8,4	25,2
Geração de efluentes (tipo B)	5,0	7,8	39,0
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			83,3

2 - Desempenho Ambiental do Sistema TEB II

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de energia	3,0	8,5	25,5
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Consumo de combustível	-3,0	9,1	-27,3
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			-25,2

3 - Desempenho Ambiental do Sistema TEB III

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de água	-3,0	7,6	-22,8
Consumo de energia	3,0	8,5	25,5
Consumo de combustível	-3,0	9,1	-27,3
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Geração emissões	4,0	8,4	33,6
Geração de efluentes (tipo B)	3,0	7,8	23,4
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			9,0

1 - Desempenho Ambiental do Sistema RCII

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de energia	5,0	8,5	42,5
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Geração de emissões	3,0	8,4	25,2
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			44,3

2 - Desempenho Ambiental do Sistema RCI II

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de energia	5,0	8,5	42,5
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Geração de emissões	3,0	8,4	25,2
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			44,3

3 - Desempenho Ambiental do Sistema RCI III

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de energia	5,0	8,5	42,5
Consumo de combustível	-5,0	9,1	-45,5
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Geração de emissões	-3,0	8,4	-25,2
Geração de resíduos (Classell)	3,0	7,1	21,3
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			-30,3

4 - Desempenho Ambiental do Sistema RCI IV

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de água	3,0	7,6	22,8
Consumo de energia	3,0	8,5	25,5
Consumo de combustível	-3,0	9,1	-27,3
Consumo de matéria-prima	-5,0	7,8	-39,0
Geração de emissões	-3,0	8,4	-25,2
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			-43,2

5 - Desempenho Ambiental do Sistema RCI V

Aspecto	Potencial de Ocorrência do Aspecto	Significância do Aspecto Ambiental	Impacto gerado pelo Aspecto
Consumo de água	3,0	7,6	22,8
Consumo de matéria-prima	-3,0	7,8	-23,4
Consumo de combustível	-3,0	9,1	-27,3
Geração de emissões	-3,0	8,4	-25,2
Desempenho ambiental do sistema de reciclagem			-53,1

Capítulo 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 – Resíduos Sólidos - Classificação. - Procedimento. 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005 - Lixiviação de Resíduos. - Procedimento. 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007 – Amostragem de Resíduos. - Procedimento. 1987.

ABNT-ISO - Associação Brasileira de Normas Técnicas – International Organization for Standardization. NBR ISO14004 - Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro, 1996b.

ABNT-ISO - Associação Brasileira de Normas Técnicas – International Organization for Standardization. NBR ISO14001 - Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996a.

ABNT-ISO - Associação Brasileira de Normas Técnicas – International Organization for Standardization. NBR ISO9001 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, dez. 2000.

AGENDA 21. Resolução da Assembléia Geral das Nações Unidas (CNUMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio/92. Versão eletrônica 1.1. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Projeto PNUD BRA/94/016. 1992. Disponível na Internet: <http://www.mma.gov.br/> 15 nov. Acessado em nov. 2000.

AGOPYAN, V. et al. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. São Paulo, PCC/ EPUSP, 1998. Relatório Final: v1-45p, v2-592p, v.3-224p, v.3-224, v.4-334p, v.5-189p.

AGOPYAN, V. Materiais reforçados com fibras para a construção civil nos países em desenvolvimento: o uso de fibras vegetais. Tese (Livre Docência). ENGENHARIA CIVIL. EP - ESCOLA POLITECNICA. São Paulo, 1991. 204p.

ALBANO, M. Ruas de manganês contaminam cidade. FOLHA DE SÃO PAULO.

Cotidiano. São Paulo, 14 de ago. 2001.

ALEXANDER, C. The Handbook of Risk Management And Analysis. Ed: JOHN WILEY PROFESSIO. 1ª Edição - 1996 – 390 pág.

ALLEN, D.T.; ROSSELOT, K. S. Pollution prevention at the macro scale: flows of wastes, industrial ecology and life cycle analysis. Waste Management, v.14, no. 3 e 4, 1994. p.317-328.

ALLENBY, B.R.; GRAEDEL, T.A. Industrial Ecology - Policy Framework and Implementation. PRENTICE HALL, 1998. 320p. ISBN: 0-131-25238-0.

ALTHEMAN, A. Avaliação da Durabilidade de Concretos Confeccionados com Entulho de Construção Civil. Relatório Final das atividades de Iniciação Científica apresentado ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo em agosto de 2002. 114p. Disponível na Internet: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>

AMOR, R.; BETTS, M. Information technology for construction: recent work and future directions. In: CIB World Building Congress, April 2001, Wellington, New Zealand. Anais: CD. 10p.

ANDERSON, J. Technology Foresight for Competitive Advantage. Long Range Plannong, vol. 30, n. 5. 665-667. 1997.

ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações, IV, 2001, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON, 2001. 401 p. p.43-56.

ARNER, R. C&D: Refuse ou recycle? News & Analysis. Solidwaste.com. Disponível na Internet: www.solidwaste.com. 12 de dezembro de 2000.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Systems.. E1765. – 2002.

BARBAR, T. Greenpeace lança campanha contra substâncias tóxicas. O Estado de São Paulo. São Paulo, 6 dez. 2000. Geral. (www.estado.com.br).

BARBOSA, H.R.; TORRES, B.B. Microbiologia Básica. São Paulo: Editora Atheneu, 1998. 196p.

BARTON, J. Developing BPEO for the Organic Fraction in Municipal Solid Waste focusing on: Incineration, Composting and Anaerobic Digestion Processes. Proceedings of the International Conference "ORBIT"97 Organic Recovery and Biological Treatment. Ed. E.I. Stetford, Harrogate 3-5 sept 1997. pp 235-251.

BARTON, J.R.; DALLEY, ?; PATEL, V.S. Life Cycle Assessment for Waste Management. Waste Management. Vol. 16. no. 1-3. pp.33-50. 1996.

BCSD-GM – Business Council for Sustainable Development for the Gulf of Mexico. By-Product Synergy: A Demonstration Project. Tampico, México. Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible. 1999. 19 p.

BELLMANN, K; KHARE, A. Economic issues in recycling end-of-life vehicles. Technovation 20 (2000). Pp. 677-690. Elsevier Science Ltd.

BIALUCHA, R. Leaching Standard for Quality Control of Aggregates. Waste Materials in Construction . Amsterdam: Ed. Elsevier Science. V.I, 2000. P.196-206. ISBN 0-08-043790-7.

BISHOP, P.L. Leaching of Inorganic Hazardous Constituents from Stabilized/Solidified Hazardous Wastes. vol. 5, no. 2, pp. 129-143, Spring, 1988.

BLANCHARD, B.S.; FABRYCKY, W.J. Systems engineering and analysis. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1981. 703p. ISBN 013881631X

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. In: Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para Proteção Ambiental, 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997. 76 p. p. 56-59.

BÖHM, E.; WALZ, R. Life-Cycle-Analysis: a methodology to analyse ecological

consequences within a Technology Assessment Study? *International Journal of Technology Management - IJTM*, Special Publication on Technology Assessment. England, UK: Inderscience Enterprises Ltda, 1996. ISSN 0267-5730. p.554-565.

BRAGA, B.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; VERAS, M.S.V.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A., EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Escola Politécnica da USP. PHD. 1999. 280p.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Lista de doenças relacionadas ao trabalho: Portaria no. 1.339/ GM, 18 de nov. 1999*. Brasília: Diário Oficial da União, 1999.

BRITÂNICA. *The New Encyclopaedia Britannica*. 15^a ed. Vol. 9. Chicago: Encyclopaedia Britannica Inc, 1994. ISBN 0-85229-591-X.

BROWN, A.E.P.; BUCHLER, P.M. *Técnicas de quantificação de riscos industriais*. *Meio Ambiente Industrial*. v.3, n.15, nov.-dez, p.125-127. 1998.

BROWN, T.; BISHOP, P. *The effect of particle size on the leaching of heavy metals from stabilized/ solidified waste*, *In: Proc. International Conference on New Frontiers in Hazards Wastes Management*, 1985.

BRUNDTLAND REPORT. *World Commission On Environment And Development (1987). Our Common Future*. Parcialmente disponível na Internet: <http://www.erf.es/eng/empresa/brundtland.html>. Acesso em abril de 2003.

BSI – British Standards Institution. *BS 8800 – Diretrizes para Sistemas de Gerenciamento de Segurança e Saúde ocupacional.*, 1996. London, 1996.

BSI – British Standards Institution. *OHSAS 18001 – Occupational health and safety management systems – Specification*. 1999. London, 1999. 14p.

BUREAU VERITAS. *Apostila do Curso de Sistemas de Gerenciamento de Gestão e Saúde Segurança Ocupacional*. Revisão 2002. São Paulo, 2002.

CAVALCANTE, J.R.; CHERIAF, M. *Ensaio de avaliação para controle ambiental de materiais com resíduos incorporados*. *In: Workshop Reciclagem e Reutilização de*

Resíduos como Materiais de Construção, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1996. 161 p. p. 31-38.

CECA. Comissão Estadual de Controle Ambiental. Estado Rio de Janeiro. Deliberação CECA n.1078 de 25 de junho de 1987. RJ.

CERRI, L.E.S. Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. Rio Claro, 1993. 197p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

CHAN, F.T.S.; JIANG B.; TANG, N.K.H. The development of intelligent decision support tools to aid the design of flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, vol. 65, n.1, apr. 2000. p.73-84

CHEESEMAN, C.R.; SOLLARS, C.J.; McENTEE, S. Properties, microstructure and leaching of sintered sewage sludge ash. *Resources, Conservation and Recycling* 00 (2003) 1 -14. Disponível na Internet: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em 28.jan.03.

CIB Working with performance approach in building. Rotterdam: CIB, 1983 (CIB Publication 64).

CIB. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Agenda 21 para a construção sustentável. Tradução do relatório CIB – Publicação 237. São Paulo: CIB, 2000. ISBN 90-6363-0150-8.

CINCOTTO, M. A. Aglomerantes na Construção Civil. São Paulo, EPUSP, ago. 1998. Aula da Disciplina PCC 5042 – Aglomerantes de Argamassas e Concretos.

CINCOTTO, M. A. Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. *Tecnologia de Edificações*. 1a ed. São Paulo: Ed. Pini Ltda., 1988. 708 p. p. 71-74. ISBN 85-09-00044-1.

CINCOTTO, M.A., MARQUES J.C., HELENE, P.R.L. Aproveitamento de materiais na produção de cimentos de alvenaria - Metodologia. IBRACON, Reunião

Anual de 1985. 11p

CLAASSEN, M. Ecological Risk Assessment as a framework for environmental impact assessments. *Water Science Technology*. v.39, n.10-11, pp. 151-154, 1999.

CLINTON, W.J. Federal Acquisition, Recycling and Waste Prevention (Executive order 12873. 20 Out. 1993. Federal Register, v. 58., n.201. Presidential Documents p.54911-54919.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no 001 de 23/01/86. 1986.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO n.º 003 de 28 de junho de 1990. Estabelece padrões de qualidade do ar para poluentes atmosféricos. Diário Oficial da União, Brasília, 22 de ago. de 1990. Seção I, p.15.937 a 15.939.

CORSTEN, H.; WILL, T. Competitive strategy and production concepts. *Management International Review*. 33 (4), p. 315-334. 1993

CRIPPA, M. Sistemas Especialistas: A Engenharia do Conhecimento Aplicada às Organizações. Disponível na Internet: <http://n27.udesc.br/demo/trabalhos/alunos/mc/se.html>. mar. 2000.

CULTURA. Rede cultura de Televisão. Caminhos e Parcerias – Especial: “O desafio do lixo” – 5 programas. TV Cultura – Washington Novaes, 2001. Disponível em vídeo. 2001.

DAY, G. S.; WENSLEY, R. Assessing. In: *Readings in Marketing Strategic*. COOK, ÇARRÉCHÉ and STRONG edit. The Scientific Press, Readwood, 1989. p.53-73.

DE CICCIO, F.M.G.A.F.; FANTAZZINI, M.F. Técnicas Modernas de Gerência de Riscos. São Paulo: Instituto Brasileiro de Gerência de Riscos. 181p. 1985.

DE JONG.; van RAALTE, F. Comparative envisionment construction: A technique for the comparative analysis of dynamical systems. *Artificial Intelligence*. vol.115,

n.2, 1999. pp. 145-214. Elsevier Science. ISSN: 0004-3702.

DE SIMONE, L.; POPOFF, F. *Eco-efficiency – The business Link to Sustainable Development*. MIT Pres: Cambridge, 1998. 280p.

DETR. Department of the Environmental, Transport and the Regions. Report on the Market Development Group. Publicado em 23 ago 1999. Disponível na Internet: www.environment.detr.gov.uk/wastestrategy acessado em 23outubro de 2000.

DHILLON, B.S. Optimum Life Cycle and Labour Costs Estimation of Repairable Equipment. *Microelectron. Reab.* Vol. 36, n.2, pp.227-229, 1996. Elsevier Science Ltd. Workman sheep.

DOS SANTOS, A. D. Estudos de resíduos de tratamento de esgot e possibilidades de reciclagem. 97 p. Texto apresentado para exame de qualificação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

DOUGHERTY, D. Understanding new markets for new products. *Strategic Management Journal* 11: 59-78. 1990.

DUCHIN, F.; LANGE, G.M. Prospects for the recycling of plastics in the United States. *Structural Change and Economic Dynamics* 9 (1998) pp.307–331 - 1998 Elsevier Science B.V.

DWYER, L. M. Factors affecting the proficient management of product innovation. *International Journal of Technology Management.* 5 (6), p.721-730. 1990.

EIKELBOOM, R.T.; RUWIEL, E.; GOUMANS, J.J.J.M. The Building Materials Decree: an example of a Dutch regulation based on the potential impact of material on the environmental. *Waste Materials in Construction*. Amsterdam: Ed. Elsevier Science. v.I, 2000. p.963-974. ISBN 0-08-043790-7.

ENBRI. Development of a framework for environmental assesement of building materials and componentes. (ENBRI Propposal to European Community BRITE EURAM Program). Mimeo. 18 Março 1994.

EPA. United States Environmental Protection Agency. American Girl Mine: Two of three releases were contained. 1994. Disponível na Internet: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/ldr/mining/docs/hhed1996.pdf>. Acessado em 25 de maio de 2003.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Safer Disposal for Solid Waste: The Federal Regulations for Landfills, 1993. disponível na Internet. Acessado: 15 dez 2002. <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/safedis.htm>

ESCOBAR M.T.; JIMÉNEZ, J.M.M. Reciprocal distributions in the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, vol. 123, is.1, may 2000, p.154-174

ETENE. Escritório Técnico de Estudos do Banco do Nordeste do Brasil. Manual de Localização Industrial. Tentativa de adequação da teoria à realidade. 2ª. edição. Rio de Janeiro: APEC Editora S.A. 1968. 223p.

ETEP; ESTÁTICA; JNS. Plano diretor de uso/ disposição dos lodos das ETES da RMSP. São Paulo, SABESP, 1998. (Projeto Tietê).

EU. European Union. Construction and demolition waste management practices and their economic impacts. Report to DGXI European Commission. 1999. 83p.

EZZ-ELDIN, F.M. Leaching and mechanical properties of cabal glasses developed as matrices for immobilization high-level wastes. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms Volume: 183, Issue: 3-4, October, 2001, pp. 285-300.

FARRENY, H. Les Systemes Experts: principes et exemples. Toulouse: CEPADUES-Editions, 1985.

FCAV. FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. Departamento de Engenharia de Produção, EPUSP. Apostila do curso "ISO 14000 - Sistema de Gestão Ambiental". São Paulo, 2000. 172p.

FELDMANN, K.; TRAUNER, S.; MEEDT, O. Innovative Disassembly Strategies

Based on Flexible Partial Destructive Tools. Annual Reviews in Control. 23. 1999. pp.159-164. Pergamon.

FERREIRA, R. Química Ambiental I. Notas de aula da disciplina do curso de pós-graduação Latu Sensu em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. julh-set. 2001.

FOLHA DE SÃO PAULO. (Conselho Editorial). Empresa admite “toxicidade limitada”. Caderno 3. p.2. São Paulo, 19 jun. 1999.

FOLHA DE SÃO PAULO. Cal contaminada será isolada, não despoluída. São Paulo, 27 de abril de 2003a.

FOLHA DE SÃO PAULO. Polícia acusa Petrobrás de crime ambiental. São Paulo. Caderno Cotidiano, C4. 2 maio 2003b.

FONSECA, D.J.; SEALS, R.K.; KNAPP, G.M.; METCALF, J.B. Expert System for Industrial Residuals Application Assessment. Journal of Computing in Civil Engineering, p.201-205, jul. 1997.

FORGÁCH, J. Cartas e E-mails. Meio Circulante. Boletim informativo do projeto Eco- Finanças de Amigos da Terra – Amazônia Brasileira. Ano I, n.1, nov. 2000. 4p.

FOSTER, R.N. Timing technological transitions. Technology Society 7, 2&3: 127-141. 1985

FRIAR, J.H. Competitive Advantage Through Product Performance Innovation in a Competitive Market. Production Innovation Management, 12, 33-42. 1995.

GANN D. M.; SALTER, A. J. Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems. Research Policy. 29, p. 955-972. 2000.

GARDNER, G.; SAMPAT, P. Forging a Sustainable Materials Economy. STATE OF THE WORLD 1999 - A Worldwatch Institute Report. New York, W. W. Norton & Company, Inc., 1999. ISBN: 0-393-31815-X. Disponível na Internet:

<http://www.worldwatch.org/>. 21 jan. 2001.

GAZETA MERCANTIL. Brasil rejeita mercado de lixo. *Balanço Ambiental*, caderno 5. São Paulo, 30 out. 2000b.

GAZETA MERCANTIL. Conama discute leis sobre destino de entulho. Segunda-feira, 2 de julho de 2001 - Nº 808. Disponível na Internet: <http://www.gazetamercantilne.com.br/jornal/12798.htm>

GAZETA MERCANTIL. Indústria supera modelo estatal. Suplemento Especial: *Balanço Ambiental*, caderno 1. São Paulo, 29 set. 2000a.

GIESEKKE, E.W; SMIT, J.P.; VILJOEN, E.A.; KRUGER, A.W.; KRUGER, S.J.; MAINE, C.F. Evaluation of solid-stabilized products made from Cr (VI)-containing ferrocrome bag-filter dust. *Waste Materials in Construction*. Amsterdam: Ed. Elsevier Science. V.I, 2000. P.140-150. ISBN 0-08-043790-7.

GRANDI, L A C. Uso do po de serra como material de construção em misturas secas e argamassas. In: *Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural*, 25. Anais. Porto Alegre : Cpgec-Ufrgs, 1991. Porto Alegre : Cpgec-Ufrgs, 1991. v.4 p.235-41.

GRANT, T.J. Lessons for O.R from A. I.: a scheduling case study. *Journal of the Operational Research Society*. 37 (1): 41-57, 1987.

GRIGOLI, A.S. Management in the production and utilization of the waste material in the construction site. *In: Construction and Environmental: theory into practice (CIB Symposium)*. São Paulo. Brasil. 2000.

GRN. GRN's Reference Library. Glossary of recycling terms. <http://www.grn.com/library/gloss.htm>. maio. 2001.

GUIA DE BERTIOGA. Coleta Seletiva de Lixo na Riviera de São Lourenço-Bertioga/SP. Disponível na internet: <http://www.guiadebertioga.com.br/>. Acesso em 02 de março de 2003.

HAHN, F. Some guidelines for economic evaluation of geochemical engineering

projects. . Journal of Geochemical Exploration 62 1998 57-60

HANSEN, T.C. RILEM. Report 6 – Recycling of Demolished Concrete and Mansory. London. E&FN SPON na imprint of Chapman & Hall. 1992. 305p.

HARRINGTON, J.M. Occupational Health. Oxford ; Boston: Blackwell Scientific Publications. 310p. ISBN 0632010967.

HARTLEN, J. Environmental consequences using residues. *In*: Int. Symposium. On Bulk Inert Waste (pre-prints of the papers). Leeds: U. Leeds, p.21-22 Sept. 1995.

HEBATPURIA, V. M.; ARAFAT, H. A.; RHO, H. S.; BISHOP, P. L.; PINTO, NEVILLE G.; et. al. Immobilization of phenol in cement-based solidified/stabilized hazardous wastes using regenerated activated carbon: leaching studies. Journal of Hazardous Materials Volume: 70, Issue: 3, December 31, 1999, pp. 117-138

HENRY, J.G., HEINKE, G.W. Environmental Science and Enginnering, Prentice Hall Inc.: New Jersey. 1989.

HOFFMANN, L. et al. Life Cycle Assessment (LCA). A guide to approach, experiences and information sources – final report. Sustain Ability. EEA: London, UK, 1997.

HOHBERG, I., RANKERS, R. Leaching Properties of cement-bound materials. *Environmental aspects of construction with waste materials*. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p. 387-396. ISBN 0-444-81853-7.

IBS. Instituto Brasileiro de Siderurgia. A siderúrgica em números – Pocket Yearbook. Rio de janeiro: IBS. 20p. 1998.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Empresas certificadas ISO9000. Disponível na Internet: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em 09 maio 2003

ISO. International Organization for Standardization. Environmental Management. ISO14.040 - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. ISO/FDIS14040, 1997.

ISO. International Organization for Standardization. Environmental Management. ISO14.041 - Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and life cycle inventory analysis. Draft Document. ISO/TC 207/ SC 5 N 82. 1996.

ITEC – Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña – ITEC. Guía d'aplicación del Decreto 2001/ 1994, Residuo de la Construcción. ITEC & Generalita de Cataluña, Departamento de Medi Ambiente, Junta de Residuo. Mar. 1995.

IUCN. The World Conservation Union. The Red List 2000. Disponível na Internet: <http://www.iucn.org/redlist/2000/index.html>. 14 mar. 2001.

JOHN, L. Aquecimento global está mais rápido, diz ONU. O Estado de São Paulo. São Paulo, 23 jan. 2001. Pesquisa. (www.estado.com.br).

JOHN, V. M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1996. 161 p. p. 21-30.

JOHN, V.M. Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção civil. Escola Politécnica da USP, 1995. 200p. (Tese de Doutorado).

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) São Paulo, 2000. 102 p. Departamento de Engenharia de construção civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E. Research & development methodology for recycling residues as building materials - a proposal. *Journal: Waste Management* 21 (3) (2001) pp. 213-219.

JORNAL DA TARDE. Expansão de aterro é vetada. Quarta-feira, 9 de maio de 2001.

KAHN, H. Difração de Raios X. Apostila da disciplina PMI 2201 – Difração de

Raios X. EPUSP, São Paulo, 2000. 18p.

KELLY, K., WILLIAMS, P. Spinning waste into gold in construction. ENR - Engineering News - Record, v. 234, n. 16, p. E.32-E.34, E.37, 1995

KHANBILVARDI, R.; AFSHARI, S. Sludge ash as fine aggregate for concrete mix. Journal of Environmental Engineering, v. 121, n.9, p.633-638, sep. 1995.

LAGREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P.L.; EVANS, J.C. Hazardous Waste Management. 1. ed. Hightstown, NJ. Ed. McGraw-Hill International Editions, 1994. 1146 p. ISBN 0-07-019552-8.

LAURITZEN, E.K. The global challenge of recycled concrete. In: Use of recycled concrete aggregate. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998. p.506-519.

LAZONICK, W; O'SULLIVAN M. Organisation, finance and international competition. Industrial and Corporate Change. 5 (1). p. 1-36. 1996.

LEACH, M.A.; BAUEN, A.; LUCAS, N.J.D. A Systems approach to materials flows in sustainable cities: a case study of paper. J. Environmental Planning and Management. V.40, n.6, p.705-723, 1997.

Lei Federal n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disciplina a política nacional do meio ambiente. Diário Oficial da União, Brasília. 2 de setembro de 1981.

LEITE, M.B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 290p. Disponível na Internet: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. Agregados de Alvenaria e de Concreto, contribuem ou não para a melhoria da durabilidade dos novos concretos?. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações, IV, 2001, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON, 2001. 401 p. p.23-35.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. Reciclagem do entulho em canteiros de obra, influência do material cerâmico na qualidade de novas argamassas. In: Reciclagem Na Construção Civil, Alternativa Econômica Para Proteção Ambiental. São Paulo, 1997. Anais. São Paulo (PCC/EPUSP), 1997. p.44-55.

LI, Y.; DENG, S. A methodology for competitive advantage analysis and strategy formulation: na example in a transitional economy. European Journal of Operational Research. 118. p. 259-270. 1999.

LICCO, E.A. Fundamentos do controle e prevenção ambiental. Notas de aula . São Paulo: Escola Politécnica da USP - PECE, mar. 2000. Notas de aula da disciplina CE-001, ministrada no curso Gestão e Tecnologias Ambientais.

LILIEN, G.L., YOON, E. Determinants of news industrial product performance: a strategic reexaminations of the empirical literature. IEEE Transactions on Engineering Management 36 [1]: 3-10. 1989.

LINK, P.L. Keys to new product sucess and failure. Industrial Marketing Mangement. 16: 109-118 (1987).

LIPPIATT, B. BEES 1.0 - Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide. Gaithersburg: NIST - National Institute Standards and Technology, U.S. Department of commerce technology administration , NISTIR 6144, 1998. 84p.

LIPPIATT, B.C.; NORRIS, G.A. Selecting Environmentally and Economically Balanced Buiding Materials. In: Public Technology Inc. - US Green Building Council. Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations. USA: Public Technology, Inc., 1996. p. I.13, 7p.

LIPTON, S. Handbook of heath hazard control in the chemical process industry. New York : Wiley, c1994. 1003p. ISBN 0471554642.

LUND, H. F. The McGraw-Hill recycling handbook / New York : McGraw-Hill, 1993. ISBN 0070390967

MACHADO, A. T. Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria. São Paulo, 2000. 135p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

MANAHAN, S.E. Environmental Chemistry. 6ª. ed. Florida: Lewis Publisher, 1994. ISBN: 1-56670-088-4. 811p.

MARTOS, H.L. Análise de risco ambiental: uma proposta metodológica para minerações. Tese de Doutorado. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 1999. 112p.

MASUERO, A. B. Estabilização das escórias de aciaria com vistas a sua utilização em materiais de construção civil. Porto Alegre: UFRGS/ PPGEM, 1997 (Proposta de Tese).

MASUI, T.; MORITA, T.; KYOGOKU, J. Analysis of recycling activities using multi-sectoral economic model with material flow. European Journal of Operational Research 122 (2000) 405-415

MATTOS, G.; WAGNER, L. Consumption of Materials in the United States 1900-1995. US Geological Survey. 9p. 1999.

McLAREN, J.; PARKINSON, S.; JACKSON, T. Modelling material cascades - frameworks for the environmental assessment of recycling systems. Resources, Conservation and Recycling 31 (2000) 83-104

MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. ISO 14.001. Novas Certificações. Ano VI. Ed. 33. N. 32. 1991.

MEIO CIRCULANTE. Boletim informativo do Projeto Eco-Finanças de Amigos da Terra - Amazônia Brasileira. Ano I n.1, nov. 2000. 4p.

MICHAELIS. Moderno Dicionário da Língua Portuguesa - Dicionário eletrônico. Disponível na internet: <http://www.uol.com.br/michaelis/> fev. 2001.

MILLER, G.T. Living in the environment: principles, connections, and solutions. Pacific Grove (USA): Brooks/ Cole Publishing Company, 2000. ISBN: 0-534-56268-

X. 816p.

MIRANDA, L. F. R. Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. 190 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 190p. Disponível na Internet: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>

MIRANDA, L.F.RÇ SELMO, S.M.S. Avaliação do efeito de entulhos reciclados nas propriedades das argamassas no estado endurecido, por procedimentos racionais de dosagem. In: Simpósio brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4. Brasília: ANTAC, 2001.225-236.

MONETTI, E.; PECORARO, G.C. Viabilidade economica do sistema de paineis ipt / idrc. IN: Seminario Ipt/Ufes Residuos Industriais para Reducao de Custos Na Construcao Habitacional. Anais. Sao Paulo : Ipt, 1994. p.41-51. 1994.

MONZO, J.; PAYA, J.; BORRACHERO, M.V.; GIRBES, I. Reuse of sewage sludge ashes (SSA) in cement mixtures: the effect of SSA on the workability of cement mortars. *Waste Management* 23 (2003) 373–381. Disponível na Internet: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em 28.jan.03.

MORALES, G. Caracterização do agregado leve obtido a partir do lodo de esgoto da cidade de Londrina, 1989. 123p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989.

MORALES, G. Verificação e avaliação da reatividade pozolânica da cinza de lodo de esgoto da cidade de Londrina. São Paulo, 1994. 170p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1994.

MORAN, J.M.; MORGAN, M.D.; WIERSMA, J.H. Introduction to environmental science. New York : W.H. Freeman, 1986. ISBN: 0716716844. 709p.

MORENO, H. Linha Ecológica de Cabos Pirelli. O foco ambientalista da construção civil. JOHN, V.M. Coordenador. In: Seminário Materiais & Design – Interface no Desenvolvimento do Produto. Anais... São Carlos, 1998. FIESP, UFSCAR, SEBRAE. 1998. p.174-182.

MOURA, L.A.A. Economia Ambiental – Gestão de Custos e Investimentos. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000b. 200p. ISBN: 85-7453-131-6.

MOURA, L.A.A. Reatividade x Pró atividade Ambiental. Palestra ministrada no curso de pós-graduação Latu Sensu em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Out. 2000.

MROUEH, U.M.; LAINE-YLIJOKI, J.; ESKOLA, P. Life-cycle impacts of the use by-products in road and earth construction. Waste Materials in Construction. Amsterdam: Ed. Elsevier Science. v.I, 2000. p.438-448. ISBN 0-08-043790-7.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR15 – Atividades e Operações Insalubres*. Brasil: Aprovada pela Portaria 3.124 de 08 jun. 1978a. Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/>. Acesso em 05 nov. de 2002.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR16 – Atividades e Operações Perigosas*. Brasil: Aprovada pela Portaria 3.124 de 08 jun. 1978b. Disponível em: <http://www.mtb.gov.br/>. Acesso em 05 nov. de 2002.

NET ESTADO. Brasil ainda não adotou reciclagem ou leis específicas. O Estado de São Paulo. 20 de julho de 1997. Disponível na Internet: <http://www.estado.com.br/edicao/pano/97/07/19/cid421.html>. Acesso em 02 de março de 2003.

NIESINK, R.J.M. Toxicology - Principles and Applications. Boca Raton, FL : CRC Press, c1996. 1284p. ISBN 0849392322.

NNI. Determination of the maximum leachable quantity and the emission of inorgânico contaminants from granular construction materials and waste materials - The compacted granular leach test. Concept Dutch pre-standard, preliminary edition, oct. 1994.

NNI: NEN 7341, Leaching characteristics of building and solid waste material, leaching tests, determination of the availability of inorgânico components from leaching, 1st Edition, feb., 1995a.

NNI: NEN 7343, Leaching characteristics of building and solid waste material, leaching tests, determination of the leaching of inorgânico components from granular materials with the column test, 1st Edition, feb., 1995b.

NNI: NEN 7345, Determination of the release of inorgânico constituents from construction materials and stabilized waste products. NNI, Delft (Netherlands). Formerly Draft NEN 5432. 1993.

NOVAES, W. Jogos perigosos no clima. O Estado de São Paulo. São Paulo, 30 mar. 2001a. Espaço Aberto. (www.estado.com.br).

NOVOTNY, V. Water quality :prevention, identification, and management of diffuse pollution. New York : Van Nostrand Reinhold, 1994. ISBN: 0442005598. 1054P.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Aécio anuncia limpeza dos rios contaminados. Caderno Cidades. Sábado, 5 de abril de 2003b.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Boeing retorna a Goiânia após se chocar com urubu. Caderno Cidades. Terça-feira, 22 de abril de 2003c.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Contaminação em Mauá. Editoriais. Sábado, 18 de agosto de 2001b.

O ESTADO DE SÃO PAULO. CPI faz exames perto da área da Shell. Caderno Cidades Sábado, 8 de julho de 2002.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Justiça suspende empresa de baterias por poluição ambiental. Caderno Cidades. Quinta-feira, 11 de abril de 2002.

O ESTADO DE SÃO PAULO. No Aterro Mantovani, lixo pode ter contaminado áreas vizinhas. Caderno Cidades. Quinta-feira, 15 de novembro de 2001a.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Vazamento causa acidente ambiental. Caderno geral. Domingo, 30 de março de 2003.

ODUM, E.P. Fundamentos da Ecologia. 5a. ed. Lisboa: Fundação Calouste

Gulbenkian, 1997. 928p. ISBN: 972-31-0158-X.

OLIVEIRA, M.J.E. Materiais descartados pelas obras de construção civil: estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. Tese de doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências. Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente. Rio Claro, 2002. 211p.

ONAKA, T. Sewage can make Portland cement: a new technology for ultimate reuse of sewage sludge. *Water Science & Technology*, v.41, n.8, p. 93-8, 2000.

PAULON, V.A. Parâmetros para avaliação da reciclabilidade de resíduos como agregados e adições na indústria da construção civil. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 7 dez. 2000. Entrevista à aluno de doutorado da POLI.

PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

QUALIDADE. Banas Qualidade. Gestão, Processos e Meio Ambiente. A ISO 14000 espalha seus conceitos pelo mundo, no. 122; p.67 a 68. 2002.

QUIRIJNEN, L. How to implement efficient local lead – acid battery recycling. *Journal of Power Sources*. 78 (1999). Pp.267-269. Elsevier Science Ltd.

REVISTA ENGENHARIA. Plano de uso/ disposição de lodos das ETE. São Paulo: Ed. Engenho, n. 527, 1998. P. 82-90.

RILEM. RILEM RECOMMENDATION. Specification for concrete with recycled aggregates. *Materials and Structures*. n.27, p.557-9, 1994.

ROCHA, M. T.; SHIROTA, R. Disposição final de lodo de esgoto. Pesquisas e artigos sobre Economia Ambiental. CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. 08-Dec-2001. Disponível na internet: <http://cepea.esalq.usp.br/> Acesso em 28.jan.03

SAATY, T.L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991. 367p.

SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process. Decision Making for Leaders. Vol. II. AHP Series. 1996. 315p.

SAATY, T.L. The fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process. v. VI. A HP series. 1994. 527p.

SABESP. Tratamento de Esgotos Região Metropolitana de São Paulo - Sistema Barueri. Disponível na Internet: <http://www.sabesp.com.br>. Acessado em 12 de abril de 2003.

SANTOS, H.F. Light aggregate and organo-mineral fertilizer from digested sewage sludges. A general view on other beneficial uses for sewage treatment plants by-products. In: First Italian-Brazilian Symposium on Sanitary and Environmental Engineering, São Paulo, 1992. 17p.

SCHUURMANS-STEHMANN, A.M. Environmental life cycle analysis of construction products with and without recycling. In: Environmental Aspects of Construction with Waste Materials. Goumans, Senden, van der Loot, ed. Elsevier: Amsterdam, 1994. p.709-718.

SETAC. Guidelines for life cycle assessment: A code of practice. SETAC, jun. 1993.

SHAPIRO, B.P.; BONOMA, T.V. How to segment industrial markets. *Reading in Marketing Strategy*. 2a. ed. USA: The Scientific Press, 1989. 380p. pp.175-180. ISBN 0-89426-139-8.

SILVA, G.A. Análise de ciclo de vida em processos industriais. Notas de aula. São Paulo: Escola Politécnica da USP - PECE, jun. 2001. Notas de aula da disciplina AQ-012, ministrada no curso Gestão e Tecnologias Ambientais.

SILVA, G.A.; FERREIRA, R. Tecnologias Limpas. Notas de aula da disciplina do curso de pós-graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. ago-out. 2000.

SILVA, M.G.; SOUZA, F.L.S; SILVA, V.G. Reciclagem de cinza de casca de

eucalipto e entulho de obra em componentes de construção. In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção, 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1996. 161 p. p. 99-106.

SJÖSTRÖM, C. Service life of the building. In: Applications of the performance concept in building. Proceedings... CIB: Tel Aviv, 1996. v.2, p.6-11.

SKINNER, J.H. International progress in solid waste management. Environmental aspects of construction with waste materials. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p.7-16. ISBN 0-444-81853-7.

SOUZA, U.E.L. Os processos envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento na construção civil. São Paulo: Escola Politécnica – PCC. Novembro de 2000. Entrevista à Sérgio Zordan.

SPLIETHOFF, H.; HEIN, K.R.G. Effect of co-combustion of biomass on emissions in pulverized fuel furnaces . Fuel Processing Technology 54 1998 189–205. Disponível na Internet: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em 28.jan.03

TARALLI, G.T.; SIMÕES, R.A.G. Técnicas de Identificação de Riscos. Notas de aula . São Paulo: Escola Politécnica da USP - PECE, ago. 2001. Apostila da disciplina AQ004, ministrada no curso Gestão e Tecnologias Ambientais. 67p.

TAY, J. H.; YIP, W. K.; SHOW, K.Y. Clay-blended sludge as lightweight aggregate concrete material. Journal of Environmental Engineering, v. 117, n. 6, p. 834-44, 1991.

THORMARK, C. Conservation of energy and natural resources by recycling building waste. Resources, Conservation and Recycling 33 (2001) 113-130

THORSEN, M.; REFSGAARD, J.C.; HANSEN, S.; et al. Assessment of uncertainty in simulation of nitrate leaching to aquifers at catchment scale. Journal of Hydrology Volume: 242, Issue: 3-4, February 28, 2001, pp. 210-227.

TOMMASI, L.R. Estudo de Impacto Ambiental. 1ª ed. São Paulo: CETESB, 1994.

355p.

TSHUDY, J.A. Life-Cycle Assessment and its Application to Green Building Principles. In: Public Technology Inc. - US Green Building Council. Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations. USA: Public Technology, Inc., 1996. p. IV.99, 10p.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P. (Ed.) Biossólidos na Agricultura. São Paulo: Sabesp, 2001. 468p.

TUBBS, P.F.B. CIB AND PERFORMANCE-BASED BUILDING REGULATIONS. In: CIB World Building Congress, April 2001, Wellington, New Zealand. Anais: CD. 6p.

TUKKER, A.; GIELEN, D.J. A concept for the environmental evaluation of waste management benefits. In: Environmental aspects of construction with waste materials. Goumans, Van der Sloot & Aalberts (editors). Londres: Elsevier, 1994. p.737-748 (Studies in Environmental Sciences, 60).

ULSEN, C. Caracterização de resíduos de construção e demolição (rcd): estudos de separabilidade. Relatório Científico - Processo FAPESP N° 02/00849-1. Escola Politécnica Universidade de São Paulo. set. 2002.

UNEP - United Nations Environment Programme. Construction and the environment: facts and figures. Industry and environment. Paris: UNEP, 1996. v. 19, n. 2 April-June, p. 4-9.

UNEP. United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook 2000. Disponível na Internet: <http://www.unep.org/Geo2000/ov-e/index.htm>. 19 de maio de 2001.

UNEP. United Nations Environmental Programme – Industry and Environmental. Paris: UNEP, 1996b. ISBN: 92-807-156-1. 92p.

UNESP. Universidade Estadual Paulista - DPM-Departamento de Petrologia e Metalogenia. Disponível na internet: <http://petro.rc.unesp.br/labor/fluorescencia/>

fluorescencia.html. 10 març. 2002.

VALLS, S.; VÁZQUEZ, E. Durability study of a sewage sludge-cement-san system and its environmental impact. *Waste Materials in Construction*. Amsterdam: Ed. Elsevier Science. V.I, 2000. P.151-161. ISBN 0-08-043790-7.

VAN DER SLOOT, H.A. Systematic leaching behavior of trace elements from construction materials and waste material. *Waste Materials in Construction*. Amsterdam: Ed. Elsevier Science. V.I, 1991. P.19-36. ISBN 0-444-89089-0.

VAN DER SLOOT, H.A.; HEASMAN, L.; QUEVAUVILLER, P. Studies in Environmental Sciences 70 - Harmonization of Leaching/ Extraction Testes.. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1997. 281p. ISBN 0-444-82808-7.

VAN DER SLOT, H.A. et al. Intercomparison of Leaching tests for stabilized waste. *Environmental aspects of construction with waste materials*. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p. 63-76. ISBN 0-444-81853-7.

VAN DER WEGEN, G., VAN DER PLAS, C. Validation of leaching model on actual structures. *Environmental aspects of construction with waste materials*. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p. 55-62. ISBN 0-444-81853-7.

VIEIRA, S.I. *Medicina básica do trabalho*. 2.ed. Curitiba: Gênese, 1998. 640p.

VRIJLING, J.K. An economic model for the successful recycling of waste materials. *Environmental aspects of construction with waste materials*. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p.601-618. ISBN 0-444-89089-0.

WAINWRIGHT, P.J. et al. Modifying the performance of concrete made with coarse and fine recycled concrete aggregates. in: INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM ON DEMOLITION AND REUSE OF CONCRETE AND MASONRY. Proceedings. 1994.E & FN SPON. p.319-330.

WALSH, P. Establishing waste reduction and recycling potential as basic principles of engineering design. In: 21st Frontiers in Education Conference, 1991, West Lafayette. Proceedings... Piscataway: IEEE, 1991. p. 329-331.

WATERMAN, D.A. A guide to expert systems. London, Ed. Addison Wesley, 1986. 419p.

WEEKS, J.L. Preventing Occupational Disease and Injury. Washington : American Public Health Association, 1991. 750p.

WELLS, G. L. Hazard identification and risk assessment. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 1996. 302 p. ISBN 0852953534.

WENDLANDT, W.W. Thermal Analysis. Wiley. Nova York. 1986. 811 p.

WHO – World Health Organization. Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948. Disponível na Internet: <http://www.who.int/about/definition/en/> acesso em janeiro de 2003.

WOOLDRIDGE, M.J., VELOSO, M. Artificial intelligence today: recent trends and developments. New York: Springer, 1999. ISBN: 3540664289. 487p.

WOOLLEY, G.R. State of the art report. Use of waste materials in construction - Technological development. Environmental aspects of construction with waste materials. 1. ed. Amsterdam: Ed. Elsevier Science B. V., 1994. 988 p. p. 387-396. ISBN 0-444-81853-7.

XAVIER, L.L.; ROCHA, J.C. Diagnóstico do Resíduo da Construção Civil – Início do caminho para o uso potencial do entulho. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações. IBRACON: São Paulo. 5-6 jun. 2001. p. 57-64.

ZAHRA, S. A. Technological choices within competitive strategy ttypes: A

conceptual integration. *International Journal of Technology Management*. 9 (2), p. 172-195. 1994.

ZORDAN, S. E. A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997. Disponível na Internet: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm> . Acesso em 20 maio 2003.

ZORDAN, S.E. Entulho da Indústria da Construção Civil. FICHAS TÉCNICAS. 1998. Disponível na Internet: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em 15.fev.03.

ZWAN, J.T. Application of waste materials a success now, a success in the future. In: *Waste materials in constructions: putting theory into practice*. Great Britain, 1997. Proceedings. Great Britain, 1997. p.869-81.