

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
NÍVEL MESTRADO**

**NELSON KADEL JUNIOR**

**LOGÍSTICA REVERSA PARA SUBSTITUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA  
CIMENTEIRA POR COPROCESSAMENTO EM FORNO DE CLINQUER**

São Leopoldo

2012

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
NÍVEL MESTRADO

**NELSON KADEL JUNIOR**

LOGÍSTICA REVERSA PARA SUBSTITUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA  
CIMENTEIRA POR COPROCESSAMENTO EM FORNO DE CLINQUER

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

São Leopoldo

2012

## Ficha Catalográfica

K115l Kadel Junior, Nelson

Logística reversa para substituição de combustíveis na indústria cimenteira por coprocessamento em forno de clínquer / por Nelson Kadel Junior . – 2012.

116 f. : il. ; 30cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto, Ciências Exatas”.

1. Logística – Cimento – Produção. 2. Logística reversa. 3. Cimento – Produção. 4. Indústria – Cimento. I. Título.

CDU 658.7:666.94

Catálogo na Publicação:  
Bibliotecária Camila Quaresma Martins - CRB 10/1790

**NELSON KADEL JUNIOR**

**LOGÍSTICA REVERSA PARA SUBSTITUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA  
CIMENTEIRA POR COPROCESSAMENTO EM FORNO DE CLINQUER**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Liane Mählmann Kipper – Universidade de Santa Cruz do Sul - Unisc

---

Luciana Paulo Gomes – Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos

---

Mirian Borchardt – Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos

Visto e permitido a impressão.

São Leopoldo

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

Dedico este trabalho, fruto de minhas mãos, *in memoriam*  
daquela que tudo me deu, quando eu nada tinha, e agora  
que tenho tudo que sempre quis, não a tenho,  
à Hilda Bergel Kadel, minha avó, meu princípio,  
meu exemplo, meu amor materno,  
que nos momentos de saudade visito em meu coração.

## AGRADECIMENTOS

Não há como empreender um projeto sem antes agradecer a Deus pela oportunidade oferecida. Este é meu dever, e o faço repleto de alegria. Ainda agradeço àqueles que fizeram a diferença em minha vida:

- ☆ ao meu pai amado, Nelson Kadel, e à minha mãe do coração, Normélia Gross, que sempre fizeram mais do que o seu papel, dando-me o seu amor incondicional, dia após dia;
- ☆ ao meu filho querido e amado, Felipe Longaray Kadel, pelo companheirismo maroto, pela paciência de esperar pelos momentos de minha folga entre viagens, trabalho, estudo e projeto;
- ☆ a todos os meus familiares, em especial às irmãs Patricia Kadel e Caroline Kadel;
- ☆ à minha querida namorada, Katuscia Potje, pelo carinho, compreensão e muita, mas muita, paciência;
- ☆ ao meu orientador, Miguel Sellitto, pela dedicação, paciência e sabedoria em guiar o meu caminho até aqui;
- ☆ ao meu primo, amigo, irmão, Plinio Ricardo Tadeu Jacobus. A pedra cúbica que serve para aferir as minhas ferramentas de trabalho.
- ☆ aos demais mestres do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Unisinos;
- ☆ aos meus colegas de trabalho, em especial ao amigo Karley Moreira Sobreira, que sempre teve uma palavra de motivação para que eu buscasse os meus sonhos;
- ☆ à Família Longaray, a quem tive a honra de conviver e aprender;
- ☆ à minha querida amiga, Angela Ruth do Nascimento, por todo apoio e amizade;
- ☆ à Antonia e à Claudia, secretárias do programa de pós-graduação, que sempre estiveram disponíveis para ajudar nas demandas para conclusão deste projeto;
- ☆ a toda a equipe da Proamb, principalmente Fabiane Bianchi Locatelli, Evandro Cristofoli e Neri Gilberto Basso, pela confiança em mim depositada; e
- ☆ a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que o sonho de concluir este trabalho se tornasse realidade.

“Dias prósperos não vêm por acaso;  
nascem de muita fadiga,  
responsabilidade e  
persistência.”

*Henry Ford*

## RESUMO

O objetivo desta dissertação de mestrado é estudar um projeto de coprocessamento de resíduos, e desenvolver um meio de torná-lo sustentável economicamente, à luz das teorias sobre logística reversa. Este projeto traz consigo resultados que vão além da área financeira, ao utilizar, da melhor forma, as cadeias logísticas já existentes na região, reduzindo, assim, o seu impacto na natureza. Uma vez que este projeto foi identificado ainda na sua fase de desenvolvimento, o método de pesquisa utilizado foi a pesquisa-ação. Neste tipo de método, usam-se as teorias existentes para planejar as intervenções de campo, ao mesmo tempo que se aproveitam os resultados para gerar avanços teóricos. Os objetivos específicos deste trabalho buscam estudar, primeiramente, as empresas fornecedoras de resíduos, analisando as suas localizações, bem como os tipos de produtos disponibilizados. A partir daí, ver o melhor lugar para instalar a planta produtora de mistura (blend), levando em consideração as restrições ambientais, os custos envolvidos e a oferta de modais de transporte, e por fim, analisar as empresas cimenteiras consumidoras de tal mistura. Os resultados mais importantes estão relacionados à mudança de localização da planta de coprocessamento, ao processo logístico de coleta dos resíduos bem como do produto final e o desenvolvimento de uma embalagem para o seu transporte. As implicações finais são ambientais, financeiras e estratégicas. Este projeto viabiliza o uso de uma parte significativa de resíduos que antes teriam como destino, na melhor das opções, os aterros sanitários da região, e agora passam ser úteis como combustíveis em uma nova cadeia de produção. Já os resultados econômicos atingiram as duas principais empresas estudadas. Para a primeira, houve uma redução de 27% no custo logístico dos produtos produzidos. Já para a segunda, 8% no custo de combustível utilizado em fornos. Por fim, as estratégias garantem, para a unidade de blendagem, um diferencial perante possíveis novos entrantes no mercado. Para garantir tudo isso, esta pesquisa passa pelos conceitos de logística e logística reversa, fazendo um apanhado sobre a produção de cimento e relatando os combustíveis utilizados nestas plantas, com as suas futuras opções de substituição, uma vez que este é um tipo de indústria altamente demandante de energia e calor. Finalmente, o caso analisado é a primeira planta de coprocessamento do Rio Grande do Sul que fará uso de diversos tipos de resíduos na confecção de um combustível alternativo para fornos de clínquer.

**Palavras-chave:** Logística. Logística Reversa. Produção de Cimento. Combustíveis. Coprocessamento. Pesquisa-ação.



## ABSTRACT

This dissertation aims to study a waste co-processing, and develop a way to make it economically sustainable within the logistic and reverse logistics theory. This brings together results that go beyond the financial area, when the logistics chains in the region are used at best in order to reduce the impact on the environment. Once this research project has already been identified in its development phase, the method of research is action-research. In this type of method, they use existing theories to plan interventions in the field, while the results take advantage to generate theorist advancements. The specific aims of this paper target the study, firstly, of the waste suppliers, analyzing their locations as well as the kinds of available products. From this point of view, we can see the best place to install the production blend plant, taking into consideration the environmental restrictions, the costs and the offering of different types of transport, and finally it analyzes the cement consumer companies of such blend. The most important results are related to the changing of the co-processing plant location, the logistic process of waste collection as well as the final product and the development of a kind of suitable wrapping for its transport. The final consequences are environmental, financial and strategic. This project enables the use of a significant portion of waste that would previously have as destination, at best, the region's landfills, and are now being useful as fuels in a new production chain. Since the economic results achieved two major companies studied. For the first, there was a 27% reduction in logistics costs of products produced. As for the second, 8% of the cost of fuel. Finally, the strategic guarantee, for the blending unit, a differential to possible new entrants in the market. So, this study analyses the concepts on logistics and reverse-logistics, making an overview on the cement production and the different kinds of fuel used in these plants, with its future replacement options - once this is a type of industry that demands high amounts of energy and heating. Finally, the case study talks about the first co-processing plant in Rio Grande do Sul, which is going to use several sorts of waste in the manufacturing of an alternative kind of fuel for clinker kilns.

**Key-words:** Logistic. Reverse Logistic. Cement Production. Fuels. Co-processing. Action Research.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da logística.....	21
Figura 2 – Esquema das etapas do processo de fabricação do cimento .....	32
Figura 3 – Processo de produção de cimento .....	34
Figura 4 – Relação entre os constructos da cadeia cimenteira. ....	37
Figura 5 – Relação dos constructos de Coprocessamento.....	38
Figura 6 – Estruturação da pesquisa-ação .....	45
Figura 7 – Relação entre as empresas estudadas. ....	50
Figura 8 – Processo produtivo e logístico .....	52
Figura 9 – Gráfico de consumo de combustíveis (toneladas/ano).....	52
Figura 10 – Pilares de projetos da Ecoprocessa .....	54
Figura 11 – Vista aérea do Aterro Industrial da Proamb.....	55
Figura 12 – Pirâmide da Ecoeficiência, versão adaptada CSI (2010).....	61
Figura 13 – Percentual de substituição de combustível no mundo .....	62
Figura 14 – Mapa das unidades de cimento licenciadas.....	63
Figura 15 – Evolução do cenário do cimento brasileiro.....	64
Figura 16 – Estrutura energética do setor cimento.....	65
Figura 17 – Relação entre os constructos do coprocessamento .....	67
Figura 18 – Processo de coprocessamento .....	68
Figura 19 – Planta baixa resumida ProAmb.....	70
Figura 20 – Caminhão transporte de resíduo.....	80
Figura 21 – Caçamba para transporte de resíduo. ....	81
Figura 22 – Malha ferroviária no RS.....	83
Figura 23 – Processo de coleta do resíduo .....	84
Figura 24 – Paralelogramo das BRs. ....	86
Figura 25 – Mapa de localização .....	87
Figura 26 – Máquina do Tipo ‘Poclain’. ....	94
Figura 27 – Imagem das caixas de acondicionamento de resíduo.....	94
Figura 28 – Embalagem tipo Big-bag. ....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Competição rodovia x ferrovia nos Estados Unidos.....	29
Tabela 2 – Competição rodovia x ferrovia no Brasil. ....	30
Tabela 3 – Consumo de energia no setor de transporte.....	30
Tabela 4 – Consumo de energia por modal de transporte .....	31
Tabela 5 – Quantidade de resíduos pesquisados no ano 2002.....	57
Tabela 6 – Distribuição das indústrias pesquisadas no ano 2002.....	57
Tabela 7 – Geração de resíduo classe I por região geográfica .....	58
Tabela 8 – Geração de resíduo Classe II por região geográfica .....	59
Tabela 9 – Destino dos resíduos .....	59
Tabela 10 – Destino dos resíduos Classe I por setor da indústria .....	60
Tabela 11 – Destino dos resíduos Classe II por setor da indústria .....	60
Tabela 12 – Análise dos modais de transporte .....	72
Tabela 13 – Distribuição dos resíduos por cidade.....	78
Tabela 14 – Distribuição dos resíduos por região geográfica .....	78
Tabela 15 – Tipos de vagão para transporte de resíduo. ....	82
Tabela 16 – Resumo dos custos de transporte do Blend. ....	92
Tabela 17 – Necessidade de veículos base Caçapava.....	99
Tabela 18 – Necessidade de veículos base Nova Sta Rita.....	99

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições para logística reversa.....	23
Quadro 2 – Núcleo do processo logístico reverso .....	25
Quadro 3 – Objetivos da pesquisa-ação .....	42
Quadro 4 – Características da pesquisa-ação .....	43
Quadro 5 – Estrutura da pesquisa-ação .....	44
Quadro 6 – Etapas do trabalho .....	46
Quadro 7 – Desenvolvimento da proposta de trabalho.....	49
Quadro 8 – Classificação dos resíduos sólidos.....	56
Quadro 9 – Desenvolvimento das ações.....	74
Quadro 10 – Resumo das reuniões .....	76
Quadro 11 – Processo de coleta de resíduo .....	89
Quadro 12 – Perfil das coletas de resíduo. ....	90
Quadro 13 – Intervenções realizadas no processo.....	101
Quadro 14 – Análise das intervenções .....	102

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	<b>TEMA .....</b>	<b>14</b>
1.2	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
1.2.1	Justificativa Acadêmica.....	16
1.2.2	Justificativa Industrial .....	16
1.2.3	Justificativa para a Sociedade.....	17
1.3	<b>CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....</b>	<b>17</b>
1.3.1	Delimitação.....	19
1.4	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO .....</b>	<b>19</b>
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
2.1	<b>LOGÍSTICA REVERSA.....</b>	<b>20</b>
2.2	<b>TRANSPORTES .....</b>	<b>28</b>
2.3	<b>PRODUÇÃO DE CIMENTO .....</b>	<b>32</b>
2.4	<b>COPROCESSAMENTO .....</b>	<b>35</b>
2.5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO.....</b>	<b>38</b>
3	O MÉTODO.....	39
3.1	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>39</b>
3.2	<b>A PESQUISA-AÇÃO .....</b>	<b>40</b>
3.2.1	Objetivos e características da pesquisa-ação .....	42
3.2.2	Estrutura da pesquisa-ação .....	44
3.3	<b>O MÉTODO DE TRABALHO.....</b>	<b>46</b>
4	A PESQUISA: PLANEJAMENTO PRELIMINAR .....	49
4.1	<b>AS EMPRESAS ENVOLVIDAS .....</b>	<b>50</b>
4.1.1	CCB – Cimpor Cimentos do Brasil .....	51
4.1.2	Ecoprocessa .....	53
4.1.3	Fundação ProAmb .....	54
4.2	<b>RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>56</b>
4.3	<b>A PRESSÃO POR MELHORIAS NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA .....</b>	<b>62</b>
4.4	<b>O CASO: DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>66</b>
4.4.1	Estruturação do problema.....	66
4.4.2	A planta e o processo de coprocessamento .....	68
4.4.3	O processo logístico dos resíduos.....	71
4.5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO .....</b>	<b>72</b>
5	PLANEJAMENTO E AÇÃO.....	74
5.1	<b>PRIMEIRA ETAPA: EXPLORAÇÃO .....</b>	<b>75</b>
5.2	<b>SEGUNDA ETAPA: DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS .....</b>	<b>77</b>
5.2.1	O mercado fornecedor de resíduos no RS .....	77
5.2.2	Os fornecedores de serviços logísticos.....	78
5.2.3	Desenho do Processo de Coleta.....	83
5.3	<b>TERCEIRA ETAPA: INTERVENÇÕES REALIZADAS .....</b>	<b>85</b>
5.3.1	Localização da planta .....	85
5.3.2	Logística dos resíduos industriais.....	88
5.3.3	Logística do <i>Blend</i> até o ponto de consumo .....	90
5.3.4	Uso de embalagens para o transporte do produto final. ....	93
5.4	<b>QUARTA ETAPA: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
5.4.1	Consequências para a CIMPOR .....	95
5.4.2	Consequências para a Proamb .....	97

<b>5.5</b>	<b>ANÁLISE DA INTERVENÇÃO - O NOVO CENÁRIO.....</b>	<b>100</b>
5.5.1	Diagnóstico da Proamb.....	102
5.5.2	Diagnóstico da Cimpor.....	104
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>106</b>
<b>6.1</b>	<b>IMPLICAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>108</b>
<b>6.2</b>	<b>FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>109</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em cenários empresariais nos quais existe alto nível de competição, vantagens competitivas precisam ser constantemente reinventadas. Devido ao avanço tecnológico, produtos têm se tornado obsoletos em menos tempo, sobrecarregando os meios usuais de coleta e destinação de resíduos (HESSE et al., 2005). Ainda segundo o autor, uma alternativa para reduzir essa sobrecarga é a reutilização de materiais, seja por reciclagem, reaproveitamento, remanufatura ou outro tipo de destinação segura e ambientalmente amigável.

Inserida nesse contexto, a logística reversa vem contribuindo para o desenvolvimento de uma cadeia que faça o fluxo inverso da tradicional, ou seja, a reintegração ao ciclo produtivo de produtos que já foram descartados. A legislação ambiental também tem caminhado no mesmo sentido, ao tornar as empresas cada vez mais responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos. Neste contexto, elas são responsáveis pelo correto destino de seus produtos após o descarte feito pelos clientes e pelo impacto ambiental provocado pelos resíduos gerados tanto no processo produtivo como após o consumo (GONÇALVES-DIAS e Teodosio, 2006a). Li et al., (2010) admitem que a logística reversa tem aumentado sua importância na estratégia das empresas em face da crescente conscientização da sociedade quanto à preservação do meio ambiente. Butter (2003) ressalta que a logística reversa também pode impulsionar as empresas a buscarem soluções ambientalmente corretas que agreguem valor ao cliente.

Esta dissertação vale-se do conceito de logística reversa e como ela impacta no processo produtivo de uma empresa cimenteira.

### 1.1 TEMA

O conceito de logística tem evoluído e se transformado ao longo dos anos (SERIO et al. 2006). Segundo De Brito e Dekker (2002), termos como fluxos reversos e canais reversos aparecem na literatura desde 1970, porém mais ligados à reciclagem e ao gerenciamento

ambiental, não à redução de custos nem ao aumento de valor agregado em operações industriais. Pohlen e Farris (1992) introduzem o conceito de direção de fluxo e definem logística reversa como o movimento de bens que partem do consumidor e seguem em direção ao produtor, em um canal de distribuição que opera na direção oposta à original. Rogers e Tibben-Lembke (2001) descreveram a logística reversa como o processo de planejamento, implementação e controle de fluxos de matérias-primas, de inventário em processo, de bens acabados e de informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recuperar valor ou fazer uma apropriada disposição ambiental. Também para Leite (2003), o conceito de logística reversa está em evolução, não tendo, ainda, uma visão unificada. Sendo assim, mais estudos nesta área podem contribuir para a melhor contextualização e construção desse conceito, visto que o termo ainda é genérico.

Rogers e Tibben-Lembke (1999) ressaltam que a inclusão da logística reversa na reflexão estratégica das organizações constitui-se em uma nova e diferenciada visão de operação empresarial. Sustentam os autores que esta prática resulta em melhoria de competitividade, apreciáveis retornos financeiros e consolidação de imagem corporativa. O estudo realizado por Gonçalves-Dias e Teodósio (2006a) concentrou-se nos fluxos reversos da cadeia de suprimentos, que fluem a partir dos produtos descartados após o seu consumo em direção a sua reinserção no fluxo produtivo, como componentes ou matéria-prima. Para Adlmaier e Sellitto (2007), a logística reversa tem afinidade com a chamada logística verde, haja vista que esta considera aspectos ambientais em atividades logísticas, tais como consumo de recursos naturais, emissões atmosféricas, uso de rodovias, poluição sonora e disposição de resíduos perigosos. A redução da necessidade de acondicionamento ou aumento da eficiência de transporte é um objetivo da logística verde, mas não da logística reversa. Assim sendo, a utilização do coprocessamento de resíduos no processo de fabricação de cimento, como proposto neste estudo, é objetivo tanto da logística verde como da logística reversa.

Sintetizando as perspectivas revisitadas, entende-se que a logística reversa pode ser descrita como a área da cadeia de abastecimento empresarial que visa gerenciar, de modo integrado, todos os aspectos do retorno dos bens ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valor econômico e ambiental. A logística reversa estuda os canais reversos de distribuição, canais estes que seguem fluxo oposto ao da cadeia original de distribuição de materiais, visando a agregar valor ao retorno pela sua reintegração a um ponto do ciclo produtivo de origem, ou a outro ciclo produtivo, sob a forma de insumo ou matéria-prima (ADLMAIER e SELLITTO, 2007).



## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este projeto de trabalho mostra-se relevante por auxiliar o homem na procura pela sustentabilidade no planeta Terra. Assim, reutilizar um resíduo que outrora seria jogado em rios ou em aterros sanitários pode ser um desafio para uma nova geração de empresas que se propõem a ser ecologicamente corretas. Observa-se que foi com o desejo de regulamentar esta prática que o poder público publicou a resolução 316/2002 (CONAMA, 2010).

Ao longo desta pesquisa, o principal foco de trabalho foi a busca da melhor operação logística, capaz de unir as indústrias geradoras de resíduos à uma planta de coprocessamento e, por fim, ao ponto onde serão consumidos.

### 1.2.1 Justificativa Acadêmica

Nos últimos 10 anos, foram publicadas 114 pesquisas sobre logística no principal Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Contudo, sobre o tema deste projeto de pesquisa – logística reversa –, ao longo deste período apenas 7 trabalhos foram inscritos neste simpósio (ENEGEP, 2012). Assim, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento do conhecimento acadêmico nesta área, este projeto de pesquisa propõe-se a analisar, ao mesmo tempo, duas dimensões de negócio de uma cadeia logística e, para isso, buscar-se-á detalhar o relacionamento delas, como se comportam e como impactam o resultado final. Estas dimensões de negócio, encontradas na cadeia industrial analisada, são conhecidas como: gargalos produtivos e de abastecimento e desempenho de uma cadeia logística.

### 1.2.2 Justificativa Industrial

Com base nas pesquisas feitas pela ABCP (2010) - Associação Brasileira de Cimento Portland, contar com fontes alternativas de energia é o desejo, se não de todas, de um grande grupo de empresas cimenteiras instaladas no Brasil. Aliado a esse fato, Hernandez (2007)

acrescenta que se deve fazer isso aproveitando ao máximo a própria cadeia logística, nem que para isso seja necessário integrá-la com outras, como maneira de garantir a utilização eficiente dos modais de transportes e o consequente retorno financeiro sobre os investimentos.

Segundo estudo realizado por Gonçalves-Dias e Teodósio (2006 b), os fluxos reversos são capazes de reinserir, na indústria, produtos que foram descartados após o seu consumo, transformando-os em componentes ou matéria-prima de outras indústrias. Por isso, um trabalho como este, que tem como propósito analisar e identificar potenciais pontos fornecedores de resíduos e projetar uma cadeia que garanta a sua coleta e a sua entrega no ponto consumidor, com custos competitivos, pode tornar-se fator de sucesso para as indústrias demandantes de combustíveis.

### **1.2.3 Justificativa para a Sociedade**

Se por um lado as análises feitas ao longo deste trabalho mostram que a tendência de crescimento na produção de resíduos sólidos é algo consolidado na sociedade atual; por outro, assiste-se o despertar das autoridades legislativas quanto à importância de regulamentar e garantir que seja dado um destino ecologicamente correto para os resíduos passíveis de coprocessamento. Segundo o Conama (2010) - Conselho Nacional do Meio Ambiente, coprocessar é transformar o que não tinha mais valor econômico em uma determinada cadeia produtiva ou consumidora em algo útil novamente, seja para a mesma cadeia ou para outra qualquer.

Assim, um estudo como este, que tem por objetivo dar um destino ecologicamente correto a uma parcela que antes era destinada a aterros sanitários, mostra-se pertinente aos objetivos da sociedade nos dias atuais.

## **1.3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS**

Segundo Pohlen e Farris (1992), ao incluírem a direção do fluxo como fator de diferenciação entre logística de distribuição usual (ou direta) e logística reversa, as indústrias perceberam que utilizar o transporte de retorno poderia trazer benefício. Adlmaier e Sellitto

(2007) apontam como fator relevante na gestão da logística reversa a capacidade de integração de fluxos inversos. Apoiado nessa linha conceitual, a questão de pesquisa desta dissertação é: como organizar a cadeia logística reversa para aproveitamento de resíduos em uma cadeia de coprocessamento em fábrica de cimento?

O método empregado nesta pesquisa é a pesquisa-ação, e a unidade de análise é a planta de coprocessamento, localizada na cidade de Nova Santa Rita, região metropolitana da capital do estado do Rio Grande do Sul. O sistema produtivo consiste, basicamente, na mistura de diversos resíduos industriais, cada um com suas características físico-químicas e poderes caloríficos, os quais formarão um produto chamado *blend* de resíduos. Os resíduos têm origem nas mais diferentes indústrias, mas todos devem respeitar os critérios da legislação, conforme o CONAMA (2010). O processo logístico consiste em duas etapas: a primeira, formada pelos fluxos de entrada, envolve a coleta dos resíduos nas unidades industriais espalhadas no estado; a segunda tem a incumbência de transferir o *blend* produzido até seu ponto de consumo.

O objetivo geral desta dissertação consiste em desenvolver uma cadeia logística que torne possível integrar os fluxos de transporte – se necessário, de diversas empresas – aos fluxos de resíduos, com a finalidade de utilizar a logística reversa em uma cadeia de coprocessamento que abasteça uma fábrica de cimento.

Os objetivos específicos são:

- a) estudar as empresas fornecedoras de resíduos no estado do Rio Grande do Sul, quanto à sua localização, ao seu acesso e ao tipo de produto a ser disponibilizado;
- b) estudar a melhor localização para instalar a planta produtora de mistura, levando em consideração as restrições ambientais (estudo de impactos e licenciamento), o custo (instalação, transporte e aquisição de terra) e a disponibilidade de modais de transporte; e
- c) estudar as potenciais empresas cimenteiras consumidoras da mistura de resíduos, que deverão utilizá-la como combustível.

### 1.3.1 Delimitação

Para esta pesquisa foram considerados: a) construção de um modelo logístico que garanta a sustentabilidade econômica de uma empresa de resíduos industriais; b) matriz logística analisada inicia na coleta do resíduo – no seu fornecedor – e termina com o envio e entrega na planta de consumo; c) geração da base de dados oriundos do processo estudado que justifiquem as intervenções feitas no sistema.

Não fará parte deste estudo a logística interna do resíduo na planta de blendagem, ou seja, serão desconsideradas as movimentações internas de industrialização na planta de blendagem. A razão para isto é que esta análise não interfere na definição dos roteiros logísticos externos.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta as considerações iniciais da dissertação; o segundo capítulo descreve a bibliografia; o terceiro capítulo expõe o método de pesquisa; o quarto capítulo apresenta a empresa, seus produtos e serviços e seu mercado de atuação, a análise da sua matriz logística e as principais mudanças inseridas no processo estudado; o capítulo quinto discute os achados de pesquisa, faz reflexões a partir dos resultados e comenta sobre o conhecimento construído na pesquisa; e, por fim, o último capítulo – o capítulo sexto – apresenta as considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, estão descritos os principais conceitos relativos a logística reversa, transportes, produção de cimento, combustíveis e resíduos utilizados na produção do cimento, e, por fim, ao coprocessamento. Estes temas foram usados na pesquisa que serviu de base para esta dissertação.

### 2.1 LOGÍSTICA REVERSA

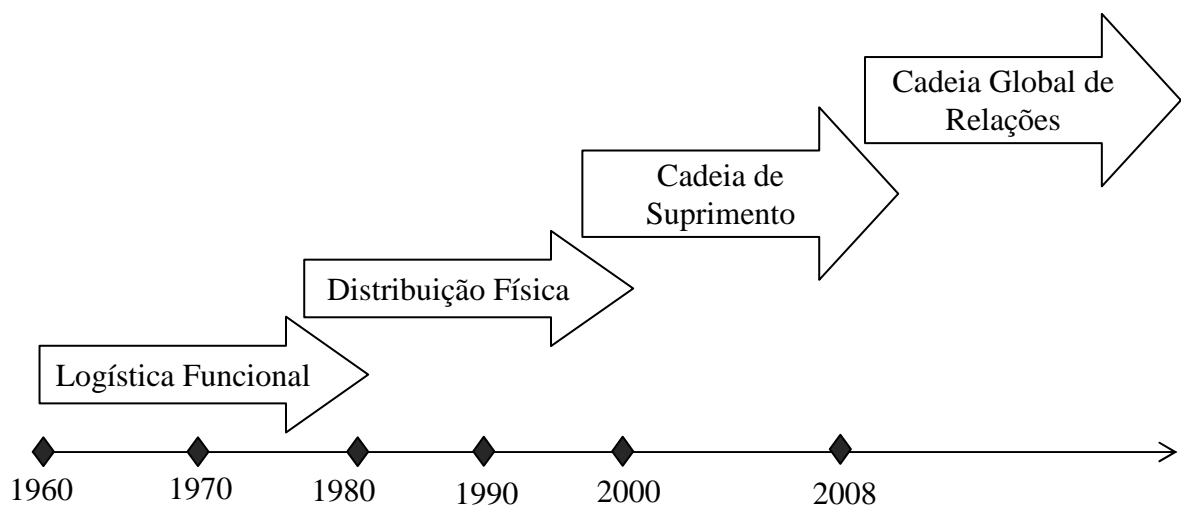
A partir da revolução industrial, com o aumento de demanda por bens industriais, garantir o suprimento das plantas, com insumos e matéria-prima, tem sido uma preocupação para a administração fabril (SILVA e COLMENERO, 2010). Mais recentemente, principalmente após os anos 60, tanto o suprimento de plantas como a distribuição de produtos têm sido estudadas por um campo de conhecimentos que leva o nome de logística (BALLOU, 1996). A logística como ciência foi desenvolvida por militares como forma de suporte da estratégia de combate. Por tratar de problemas de abastecimento e distribuição, logo ganhou espaço nas operações industriais, como forma de garantir o pleno abastecimento de complexas linhas de produção (PEDROSA, 2008). Aplicada no ambiente industrial, a logística pode ser dividida em três classes (BUTTER, 2003):

- a) Logística de Materiais: trabalha com fluxo de materiais de fora da organização para dentro da manufatura. Envolve atividades ligadas à coleta e ao transporte de matéria-prima e suprimentos, bem como sua armazenagem.
- b) Logística de Distribuição Física: nasce na organização e se estende até o mercado consumidor, envolvendo embalagem, carregamento e despacho de produtos acabados.
- c) Logística Interna: Inclui o planejamento da produção e técnicas de manufatura.

Klaus (2009), ao analisar a evolução da logística desde os anos 60, caracteriza-a em quatro fases. A primeira fase foi chamada de funcional, operando apenas as atividades de forma isolada. A segunda fase foi chamada de distribuição física, integrando atividades de

transporte e centros de distribuição. A terceira fase foi chamada de cadeia de suprimentos, pois passou a olhar além da empresa, incluindo os fornecedores no sistema produtivo. A quarta fase foi chamada de cadeia global de relações, pois integra processos e estratégias interfuncionais e interorganizacionais em escala global, sendo mais do que uma simples cadeia de suprimentos físicos. A Figura 1 sintetiza as fases e as distribui ao longo do tempo.

**Figura 1 – Fases da logística**



Fonte: Adaptado de Klaus (2009).

A logística usual tem tratado de fluxos que seguem dos fornecedores para os consumidores de bens industriais e das informações envolvidas no processo logístico (MARAVIESKI et al., 2008). No entanto, pode haver fluxos de materiais no sentido reverso, do consumidor de volta para o produtor, estudados por uma logística reversa.

Silva e Colmenero (2010) afirmam que a logística reversa é a atividade que procura reaproveitar, reciclar, reutilizar ou dar destinação final adequada a materiais, componentes e resíduos industriais, agregando-lhes diferentes tipos de valor, seja econômico ou ambiental. Rodrigues et al. (2002) situam a logística reversa como solução capaz de reintegrar fluxos que partem do mercado consumidor até sua cadeia de distribuição. Souza e Fonseca (2009) trazem a definição de logística reversa dada pelo *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP): é o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do consumo para o ponto de origem, com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição.

Outras definições surgem na bibliografia. O Quadro 1 apresenta algumas destas definições, mais próximas do interesse desta dissertação. O conceito nasce em 1992, considerando apenas o fluxo físico de retorno das mercadorias, do ponto de consumo até o produtor. Passados 5 anos, este conceito passa a considerar também as atividades logísticas necessárias para a transferência física das mercadorias. Foi em 1998, pela primeira vez, em que se considerou os impactos desta atividade ao meio ambiente. Na sequência, a logística reversa passou a cuidar não só dos produtos descartados, mas também daqueles que precisam de algum tipo de manutenção, de forma a agregar valor à mercadoria antes descartada. Por fim, é inserido ao conceito as preocupações com o planejamento e com o controle do fluxo reverso, bem como a eficiência das tarefas.

Quadro 1 – Definições para logística reversa

Autor	Definições para logística reversa
Pohlen e Farris (1992)	É o movimento de mercadorias do consumidor em direção ao produtor, no canal de distribuição.
Fleischmann et al. (1997)	É um processo que engloba as atividades logísticas de produtos não mais utilizados pelo usuário para produtos novamente utilizáveis em um mercado.
Carter e Ellram (1998)	Processo pelo qual as empresas podem se tornar ambientalmente mais eficientes através da reciclagem, reutilização e redução da quantidade de materiais utilizados.
Stock (1998)	Refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.
Lacerda (2000)	Logística reversa pode ser entendida como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.
Leite (2003)	Área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-vendas e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômica, ecológica, legal, logístico e de imagem corporativa.
Reverse Logistics Executive Council (2004)	Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correlacionadas do ponto do consumo ao ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou para uma disposição apropriada.
Dowlatshahi (2005)	Processo pelo qual uma indústria recupera produtos ou peças a partir do ponto de consumo, para uma possível reciclagem, remanufatura ou descarte.

Fonte: adaptado de Gardin et al. (2010), Pedrosa (2008), Souza e Fonseca (2009)

Conforme Hernandez (2007), estudos sobre logística reversa têm revelado oportunidades para adicionar valor aos produtos e aos serviços de empresas industriais. No passado, segundo De Britto e Beckker (2002), este tema referia-se exclusivamente à reciclagem ou ao gerenciamento ambiental. Atualmente, segundo Pedrosa (2008), a logística



reversa pode e deve exercer papel estratégico, contribuindo para a redução de geração de resíduos industriais inservíveis, respeitando as legislações ambientais e viabilizando o uso de produtos que retornam para o processo de produção, entre outras características. Para Daugherty (2011), práticas de logística reversa podem suportar estratégias de responsabilidade corporativa e de sustentabilidade das operações de negócios. Segundo a autora, tais temas têm se mostrado cada vez mais importantes no mundo dos negócios. Li et al. (2010) observam que a logística reversa é a alternativa capaz de contribuir para a competitividade das empresas, tanto pela redução de custos que propicia, como pela melhoria na imagem corporativa de uma organização industrial.

Para Pedrosa (2008), o processo de logística reversa deve considerar ações em três grandes pilares gerenciais:

- a) Logístico: explora a noção de que o ciclo de vida do produto não se encerra na entrega ao cliente.
- b) Financeiro: explora a noção de que é possível reduzir custos, reaproveitando materiais.
- c) Ambiental: explora a noção de que o ciclo de vida do produto está relacionado aos impactos ambientais.

Segundo Leite (2003), os materiais retornáveis podem se dividir em três grupos, de acordo com a sua vida útil. São eles:

- a) Bens duráveis: são caracterizados pelos produtos com vida útil de alguns anos, ou até décadas.
- b) Bens semiduráveis: não possuem vida útil maior que dois anos, geralmente duram, em média, poucos meses no mercado consumidor.
- c) Bens descartáveis: com vida útil muito curta, não passam de seis meses, o que eleva o seu nível de descarte.

Para Butter (2003), existem três razões para o aumento de interesse das empresas em relação à logística reversa. A primeira refere-se às leis ambientais, que forçam as empresas a reexaminarem e a modificarem seus produtos e processos de produção, de forma a atendê-las. Em segundo lugar vêm os benefícios econômicos que surgem pela oportunidade de utilizar produtos e materiais recuperados em seu processo produtivo, em vez de pagar os custos de sua eliminação. Por fim, a crescente consciência ambiental do mercado consumidor, que se

transforma em melhoria da imagem corporativa para as empresas que conseguem operar de forma ambientalmente amigável.

Chaves et al. (2008) afirmam que um produto só deve ser remetido à destinação final em último caso, quando não há mais nenhuma chance de recuperar nenhum tipo de valor remanescente. O Quadro 2 apresenta o que os autores chamam de núcleo do processo de logística reversa.

Quadro 2 – Núcleo do processo logístico reverso

<b>Material</b>	<b>Atividades da logística reversa</b>
Produtos	Retornados ao fornecedor Revendidos em mercado primário Vendidos em mercado secundário ( <i>outlets</i> ) Salvados Recondicionados Remanufaturados Recuperação de materiais via desmanche Reciclados Destinação final (aterro sanitário ou incinerador)
Embalagem	Reutilização no estado em que se encontra Renovação e novo uso Recuperação de materiais via desmanche Reciclagem do material

Fonte: Chaves et al. (2008)

Segundo a proposta Chaves et al, (2008), existem dois grandes grupos de materiais a serem atendidos pela logística reversa, que podem ser produtos ou embalagens. Quanto às atividades da logística reversa para o primeiro grupo, ainda, segundo o autor, podem ser o retorno ao fornecedor, característico das ações de devolução. Outras são as ações de venda, tanto no mercado primário, quanto no secundário, ou então de salvados de seguros. Ainda existem as atividades de reforma dos produtos, caracterizados pelos recondicionados ou remanufaturados, ou até mesmo recuperados via desmanche. As ações para destinação final

encerram o primeiro grupo, que podem ser a reciclagem ou, então, os aterros sanitários ou incineradores. As atividades para o segundo grupo de materiais são mais simples. As ações para embalagens podem ser de reutilização no mesmo estado em que se encontram, cujo exemplo mais prático é o vasilhame de bebida ou o gás de cozinha. Como as embalagens também podem sofrer manutenção, elas podem ser renovadas para novo uso, ou, até mesmo, recuperadas via desmanche. Por fim, como destino final, elas podem sofrer reciclagem.

Silva e Colmenero (2010) também enumeram atividades ou áreas de ação:

- 1) Reutilização ou reaproveitamento: faz uso mais de uma vez do mesmo bem.
- 2) Desmanche: reduz o bem às suas partes componentes, para posterior encaminhamento a outras formas de recuperação de valor.
- 3) Venda ao mercado secundário: produtos que ainda possuam condição de uso, mesmo diminuída, são vendidos a preços menores em mercados secundários.
- 4) Remanufatura: o produto passa por desmontagem, limpeza, conserto ou troca de partes e remontagem, voltando a ter valor pleno de mercado.
- 5) Reciclagem: os resíduos do produto são aproveitados em outro processo industrial, depois de reprocessados.
- 6) Incineração ou coprocessamento: os resíduos são queimados em ambiente industrial, gerando energia ou substituindo outro combustível.
- 7) Disposição final: o resíduo não pode mais ser aproveitado, devendo ser destinado à instalação ambientalmente correta.

Butter (2003) lança luz sobre como as empresas devem recolher eficientemente os produtos de onde eles não são mais utilizados e conduzi-los para os pontos de reaproveitamento. Para Maravieski et al. (2008), os principais desafios da logística reversa quanto ao projeto do canal são:

- a) Analisar a possibilidade de mercado para retorno dos produtos: deve-se analisar as políticas de retorno e a necessidade de controle dos fluxos reversos de material e identificar as barreiras para operação do canal reverso;
- b) Examinar as múltiplas necessidades da rede de logística reversa: definir um critério de desempenho da rede logística e comparar alternativas de projeto da rede, muitas vezes usando análises quantitativas e multicritérios;
- c) Determinar o grau de integração da logística reversa com a cadeia direta: a rede reversa pode ser dedicada ou integrada, centralizada ou descentralizada, podendo

ainda ter recursos de produção e de informação dedicados ou compartilhados com a cadeia direta.

Chaves et al. (2008) afirmam que a instabilidade no fluxo de materiais retornados, muitas vezes, inviabiliza o reaproveitamento por não possibilitar um planejamento de produção e de integração entre canais. Em geral, os fatores que influenciam o projeto de rede podem variar ao longo do tempo, gerando situações de incertezas na decisão (LEE e DONG, 2009). Adicionalmente, a fronteira entre logística direta e reversa não é claramente definida no projeto de integração entre redes diretas e reversas: o mesmo fluxo que é abastecimento para uma cadeia direta pode ser fluxo reverso para uma cadeia reversa (ADLMAIER e SELLITTO, 2007). Por fim, segundo Rodrigues et al. (2002), as principais dificuldades encontradas em processos de implantação da logística reversa são a pouca importância desta atividade frente às demais atividades da empresa e a falta de sistemas de informações que permitam acesso aos custos ambientais em que as operações incorrem. Com o objetivo de vencer esses obstáculos, Maravieski et al. (2008), Pedrosa (2008) e Chaves et al. (2008) identificaram 8 fatores críticos para a eficiência do processo de logística reversa:

- a) controles de entrada: identificação do material coletado, bem como de seu estado;
- b) processos mapeados e formalizados: necessários para controle e identificação de melhorias no processo;
- c) ciclo de tempo reduzido: o tempo compreendido entre a identificação de retorno até o término do processamento deve ser o menor possível;
- d) sistemas de informação acurados: necessários como apoio para a tomada de decisão;
- e) rede logística planejada: as características dos produtos devem garantir sua transportabilidade, pois esse fator será relevante na estruturação e eficiência dos canais reversos;
- f) relações colaborativas na cadeia: necessárias para que se busquem a eficiência e eficácia da logística reversa;
- g) diversificação de mercado: se por um lado é essencial que haja oferta de materiais recicláveis, também devem existir quantidade e qualidade suficientes para suprir o mercado consumidor; e

- h) tecnologia: a composição da matéria-prima pode variar no tempo e no espaço, resultando, assim, em custos diferentes.

Rodrigues et al. (2002) afirmam que o mercado, usualmente, cria intermediários ao longo do fluxo logístico reverso, que assumem responsabilidade e demonstram capacidade de cooperação ao longo da cadeia. Ainda segundo os autores, novos mercados para a demanda de recicláveis têm surgido, aumentando a eficiência das funções de coleta, armazenagem, manuseio, processamento e transporte. Outro fator importante é a introdução de novos sistemas de gerenciamento ambiental e certificações em normas ambientais (ISO 14001). Para Souza e Fonseca (2009), as atividades de logística reversa são o principal fator impulsionador para o reaproveitamento de bens materiais e resíduos. Segundo os autores, além da logística reversa, também a prática do coprocessamento pode ser vista como uma forma de impulsionar as ações de reaproveitamento em uma dada cadeia industrial de bens e materiais que foram descartados ou obsoletados em outra cadeia.

## 2.2 TRANSPORTES

Ballou (1996) afirma que o sistema de transporte contribui para aumentar a competição no mercado, garante a economia de escala na produção e reduz preços das mercadorias vendidas. Martins (2007) ressalta que os fatores motivadores para a instalação de uma planta industrial incluem a disponibilidade de infraestrutura física e de serviço, em que se incluem as ofertas de transportes. Seguindo essa linha de pensamento, pode-se concluir que a consolidação de um bom sistema logístico, que foque na eficiência e eficácia operacional, é fator de sucesso de uma atividade empresarial. Com isso, fica clara a importância, para os objetivos da operação de coprocessamento, da formação de uma rede de transportes.

A preferência nacional pelo modal de transporte rodoviário iniciou nos anos 50, quando a indústria automobilística vivia sua expansão, sustentada pelos baixos custos dos derivados de petróleo. Nesse período, o transporte rodoviário representava apenas 38% de nossa matriz logística, dividindo espaço com a cabotagem e com o ferroviário. Contudo, nos anos 60, o rodoviário se consolidou como o modal mais utilizado, chegando a marca de 60% de participação, e contava com 32 mil quilômetros de estradas (BELEM, 2007). Atualmente,

são mais de 75 mil quilômetros, mantendo a sua participação na matriz logística (DNIT, 2012). Esse fato é confirmado através das estatísticas da ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (2012), quando informa que o Brasil fechou o ano de 2010 com a importante cifra de 2.126.341 veículos transportadores de cargas e 1.285.343 transportadores. Esse cenário reflete o poder de capilaridade do modal rodoviário.

O modal ferroviário nasceu no Brasil em 1858 e hoje conta com uma malha de 28,5 mil quilômetros de extensão. Sua participação é de 20% na matriz de transporte do Brasil e tem seu nicho fortemente concentrado nas transferências de grandes massas. Conforme Balassiano (2007), esse modal convive com uma série de dificuldades, tais como extensão insuficiente da malha, falta de regulamentação adequada e o elevado custo operacional, que oferecem barreiras significativas para o seu desenvolvimento no país.

Como o objetivo deste trabalho não é discutir se a distribuição das cargas nos modais é correta ou não, sua discussão é pertinente como forma de construção do cenário de oferta de transporte de cargas no Brasil.

Segundo Balassiano (2007), nos Estados Unidos, existe uma relação entre a distância percorrida e o peso transportado, expressa na Tabela 1, que mostra as faixas onde cada modal de transporte é mais competitivo.

Tabela 1 – Competição rodovia x ferrovia nos Estados Unidos.

Distância (km)	Até 0,5 t	0,5 - 5,0 t	5,1 - 15,0 t	15,1 - 30,0 t	30,5 - 45,0 t	Acima 40 t
Abaixo de 180	( R )	( R )	( R )	( R )		
160 - 320	( R )	( R )	( R )	( R )		( T )
320 - 480	( R )	( R )	( R )	( R )		( T )
480 - 800	( R )	( R )	( R )			( T )
800 - 1600	( R )	( R )			( T )	( T )
1600 - 2400	( R )	( R )			( T )	( T )
Acima de 2.400	( R )	( R )			( T )	( T )

( R ) Rodovia      ( ) Ambos      ( T ) Ferrovia

Fonte: Balassiano (2007).

Contudo, no Brasil, essa relação não segue a mesma distribuição. Conforme pode ser identificado na Tabela 2, o modal ferroviário mostra-se competitivo em apenas um nicho de mercado, nos demais, ou o rodoviário é preferido, ou possui uma relação de igualdade.

Tabela 2 – Competição rodovia x ferrovia no Brasil.

Distância (km)	Até 0,5 t	0,5 - 5,0 t	5,1 - 15,0 t	15,1 - 30,0 t	30,5 - 45,0 t	Acima 40 t
Abaixo de 180	( R )	( R )	( R )	( R )		
160 - 320	( R )	( R )	( R )	( R )	( T )	( T )
320 - 480	( R )	( R )	( R )		( T )	( T )
480 - 800	( R )	( R )			( T )	( T )
800 - 1600	( R )	( R )				
1600 - 2400	( R )	( R )	( R )	( R )	( R )	( R )
Acima de 2.400	( R )	( R )	( R )	( R )	( R )	( R )

( R ) Rodovia     
  Ambos     
( T ) Ferrovia

Fonte: Balassiano (2007).

Segundo dados do IEA (2006), o setor de transporte consome mais de 50% do petróleo disponível no mundo e é responsável por 20% das emissões de Dióxido de Carbono –  $\text{CO}_2$  – na atmosfera.

Analisando os números do Balanço Energético Nacional, do Ministério de Minas e Energia – MME – (2010), no Brasil, o setor de transporte é responsável pelo consumo de 28,8% de toda a energia disponível, sendo o modal rodoviário consumidor de 26,5% do mesmo montante. A Tabela 3 apresenta as fontes mais consumidas pelo setor.

Tabela 3 – Consumo de energia no setor de transporte.

FONTES	ANOS									
	1970	1980	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
GÁS NATURAL	0	0	2	275	1.711	2.030	2.252	2.158	1.853	1.767
ÓLEO DIESEL	4.511	12.687	16.828	24.090	26.685	27.112	28.731	30.701	30.369	33.756
ÓLEO COMBUSTÍVEL	387	989	766	648	806	733	930	1.038	986	966
GASOLINA AUTOMOTIVA	7.369	8.788	7.436	13.261	13.595	14.440	14.287	14.538	14.674	17.525
GASOLINA DE AVIAÇÃO	77	72	48	58	42	54	56	47	48	53
QUEROSENE	635	1.663	1.918	3.124	2.553	2.381	2.618	2.811	2.828	3.188
ELETRICIDADE	56	71	103	107	102	126	135	138	137	143
ÁLCOOL ETÍLICO	98	1.422	5.855	5.820	6.963	6.395	8.612	11.013	11.792	12.033
OUTROS	59	25	8	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>13.192</b>	<b>25.715</b>	<b>32.964</b>	<b>47.385</b>	<b>52.459</b>	<b>53.270</b>	<b>57.621</b>	<b>62.444</b>	<b>62.687</b>	<b>69.430</b>

Fonte: MME (2010)

Já a Tabela 4 detalha o consumo dos quatro modais de transporte, no ano de 2010. Nele fica evidente a participação do modal rodoviário como sendo o grande consumidor de energia, principalmente de óleo diesel.

Tabela 4 – Consumo de energia por modal de transporte

<b>FONTES</b>	Rodov	Ferrov	Aereo	Aquav
GÁS NATURAL	1.767			
ÓLEO DIESEL	32.639	703		415
ÓLEO COMBUSTÍVEL				966
GASOLINA AUTOMOTIVA	17.525			
GASOLINA DE AVIAÇÃO			53	
QUEROSENE			3.188	
ELETRICIDADE		143		
ÁLCOOL ETÍLICO	12.033			
<b>TOTAL</b>	<b>63.963</b>	<b>846</b>	<b>3.241</b>	<b>1.380</b>

Fonte: MME (2010)

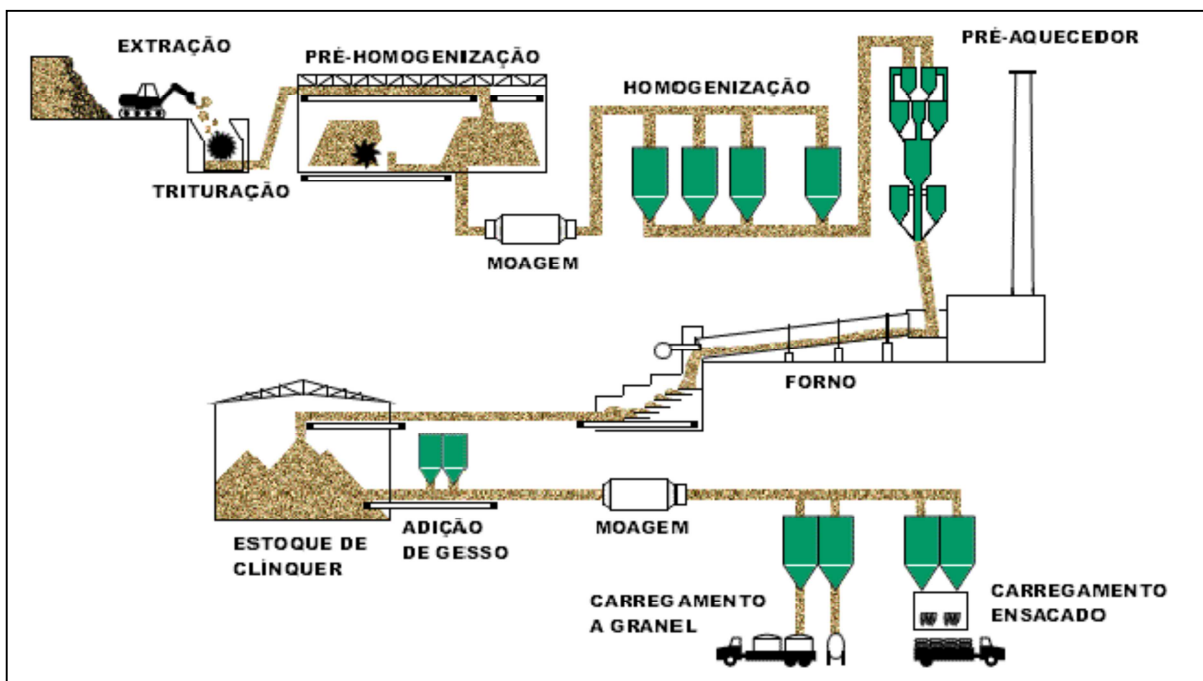
Um fato interessante a ser analisado é que, apesar do consumo de energia ter subido cinco vezes, desde a primeira série histórica, o consumo de óleo diesel multiplicou-se por sete. Ainda segundo dados do MME (2012), o consumo desse combustível pelo modal rodoviário cresceu 8 vezes, saindo de 3.894 ( $10^3$  tep), em 1970, para 32.629 ( $10^3$  tep), no ano de 2010. Assim, cada modal de transporte possui um desempenho diferente – que é peculiar aos seus atributos –, que trazem consigo resultados econômico-financeiros e socioambientais diferentes para cada operação de transporte (RODRIGUES, 2007). Por sua vez, Leal (2010) alerta que o transporte de produtos perigosos no Brasil vem crescendo nos últimos anos, e isso representa um risco considerável quanto à vida e ao meio ambiente. Ressalta ainda que, em função de sua maior disponibilidade, esse transporte é feito pelo modal rodoviário, mas que, em uma avaliação mais ampla, pode não ser a melhor opção.



### 2.3 PRODUÇÃO DE CIMENTO

O processo global de fabricação de cimento pode ser descrito pelos seguintes processos: mineração (extração), moagem do minério (trituração), queima do minério (forno), moagem do subproduto, ensaque do cimento produzido e entrega ao cliente. A Figura 2 ajuda a entender o processo de fabricação de cimento.

**Figura 2 – Esquema das etapas do processo de fabricação do cimento**



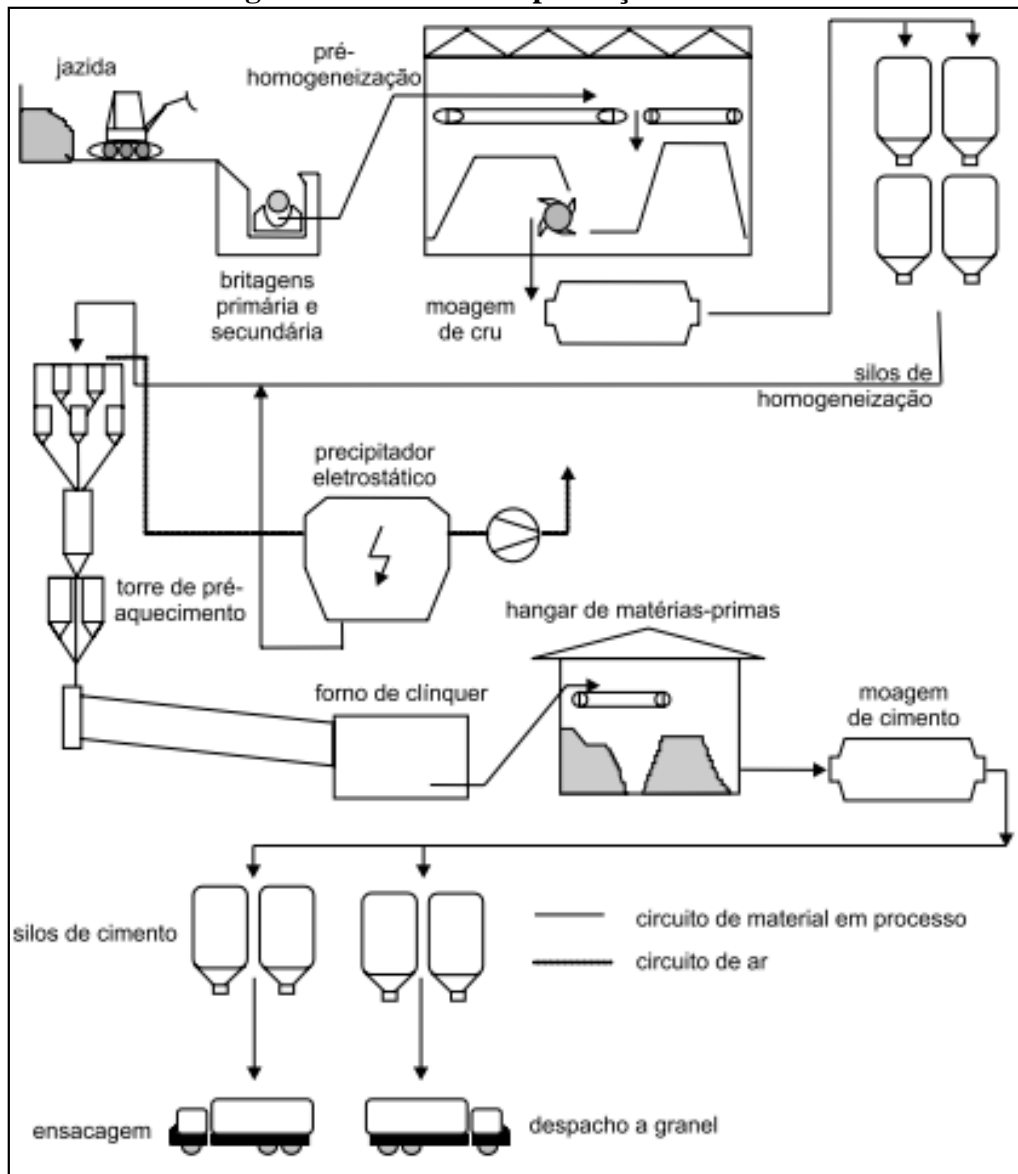
Fonte: Renó (2007).

Para esta dissertação, interessa mais o sistema de forno. Essa etapa consiste no aquecimento e no tratamento térmico controlado de uma mistura de rocha calcária (do tipo calcítico, que possui teor de magnésio inferior a 4%) e argila (que deve ser rica em sílica/alumínio/ferro), a uma temperatura de, aproximadamente, 1.450° C. Dentro de um forno de clínquerização, os materiais se deslocam em sentido oposto aos gases, isso garante a transformação dos materiais crus em *Clinquer Portland* (principal matéria-prima do cimento). A fase final de produção dessa matéria-prima é um processo controlado de resfriamento, que acontecerá em duas etapas: a primeira, a clínquerização, ocorre ainda dentro do forno, onde a

temperatura cai de 1450° C para 1300° C; e a segunda se dá num resfriador industrial, onde o composto atinge sua estabilidade morfológica, chegando a 80° C (FARENZENA, 1995).

A principal fonte de calor é um queimador, localizado no lado interno do forno, alimentado por combustíveis fósseis e resíduos de alto poder caloríficos. Conforme detalhado por Sellitto (2002), na Figura 3, a obtenção do produto final – o cimento propriamente dito – é feita através da moagem do *clinker* antes produzido. Esse processo consiste em circuito fechado, através de um moinho de bolas; e a alimentação das matérias-primas é feita conforme o tipo de produto esperado. Ao atingir a granulométrica esperada, o cimento é transferido para o silo de ensaque, onde será embalado ou expedido a granel.

Figura 3 – Processo de produção de cimento



Fonte: Sellitto (2002)

O estudo realizado por Santi e Seva (1999) apontou que o custo do óleo combustível triplicou de valor entre 1979 e 1981, devido à dependência brasileira do petróleo importado. Ainda, segundo os autores, as indústrias cimenteiras utilizavam esse combustível para suprir 92,7% de suas necessidades térmicas. Com base no quadro econômico apresentado, foi assinado um protocolo em que as empresas se comprometiam a substituir, em cinco anos, o óleo, até então utilizado, por carvão (mineral ou vegetal).

Segundo Farenzena (1995), o combustível fóssil mais utilizado na indústria do cimento é o coque verde de petróleo. Esse combustível é fornecido por duas fontes: unidades

de refino da Petrobrás; e importação, que serve de moderador econômico. Conforme Mayer et al. (2006), uma das opções em resíduos é a casca de arroz. Abundante na região sul do estado do Rio Grande do Sul e oriundo do processo de secagem e embalagem do produto colhido em fazendas da região, a casca de arroz possui poder calorífico inferior (PCI), acima de 3.200 kcal/kg, bem como alto teor de sílica. Essas duas características contribuem positivamente para o processo de clínquerização: a primeira contribui diretamente para a temperatura interna do forno; a segunda faz com que o nível de alcalinidade do forno se mantenha, propiciando a utilização de coques de petróleo com percentuais de enxofre mais altos, como nos produtos importados.

## 2.4 COPROCESSAMENTO

Devido às limitações de combustíveis naturais encontradas atualmente no mercado, as indústrias de processamento têm incentivado pesquisas sobre fontes alternativas de geração de calor. O uso de resíduos industriais têm se mostrado uma opção econômica e ambientalmente viável para uso como fonte de calor (SIQUEIRA, 2005).

Segundo Rocha et al. (2011), existe uma crescente preocupação com a destinação ambiental mais adequada para os resíduos industriais. Já Carpo e Coelho (2006) ressaltam que o crescimento da oferta de resíduos industriais tem representado um desafio a ser vencido. Ainda, segundo os autores, são gerados anualmente no Brasil, 2,7 milhões de toneladas de resíduos perigosos, contudo apenas 600 mil toneladas, aproximadamente, recebem tratamento adequado. Segundo a ABCP (2010), o Brasil gera 2,9 milhões de toneladas por ano de resíduos industriais, vindos dos mais diversos segmentos, mas apenas 800 mil toneladas são reutilizadas, menos de 30% dos resíduos passam pelo processo de coprocessamento. Pela proximidade dos números, pode-se ter a consciência do hiato entre o volume de resíduos tratados e o total disponível. Nesse sentido, a prática do coprocessamento é uma solução que satisfaz as exigências de controle ambiental, aproveitando a energia térmica ainda contida nos resíduos. Os autores ressaltam que, na Europa e nos Estados Unidos, essa prática é exercida desde 1969.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente, na sua resolução 316/2002, o coprocessamento de resíduos industriais é a reutilização de todo o material ou substância que seja inservível ou não passível de aproveitamento econômico em processos de tratamento

térmico cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800 graus Celsius (CONAMA, 2010). Esses materiais podem ser resultantes de atividades industriais, urbanas, agrícolas e serviços de saúde e comercial,

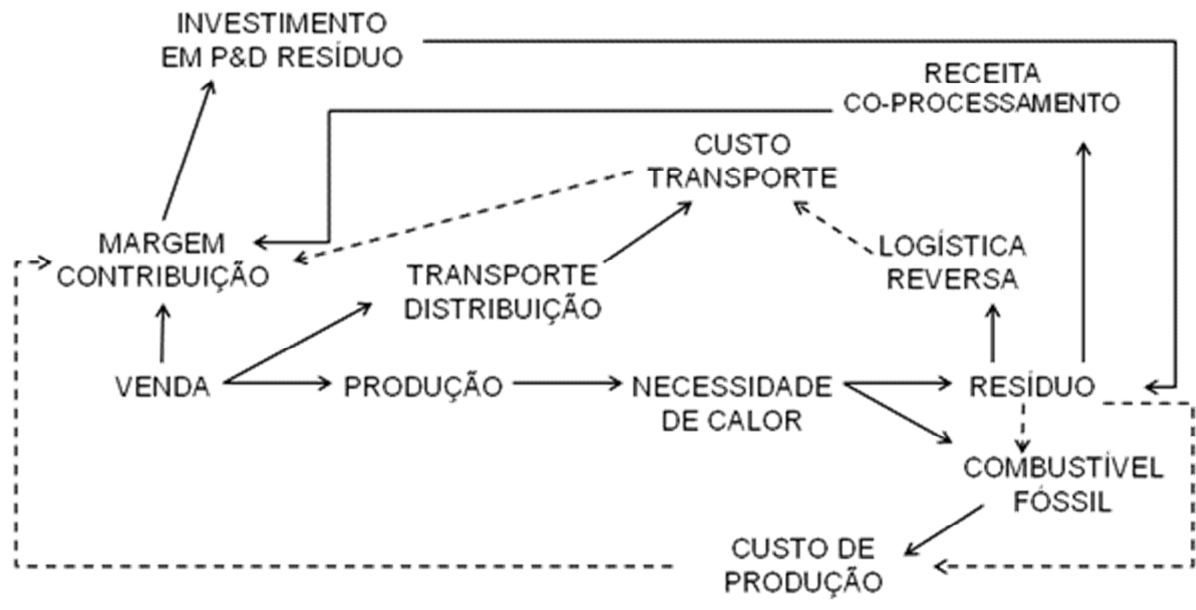
Os avanços das novas regulamentações sobre o tratamento de resíduos industriais, potencializando a responsabilidade ambiental a quem industrializa bens de consumo, durante todo o ciclo de vida de seus produtos, tem sido um impulsionador da prática de coprocessamento. Diversas indústrias têm somado esforços e estabelecido redes de cooperação e integração de suas cadeias logísticas e de suprimentos, com o propósito de encontrarem afinidades entre os resíduos produzidos e as características térmicas necessárias (MONTEIRO e MAINIER, 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), coprocessamento é a queima de resíduos industriais e de passivos ambientais em fornos utilizados na produção do *Clinker Portland*. Carpo e Coelho (2006) afirmam que a prática do coprocessamento em fornos de *clinker* destrói 100% dos resíduos industriais, sem gerar efluentes líquidos ou sólidos. Ressaltam, também, que os compostos orgânicos são eliminados em sua totalidade, devido à alta temperatura de queima. Rocha et al. (2011) reforçam este conceito e afirmam que as condições encontradas dentro de um forno de *clinker* são favoráveis para o coprocessamento. São elas: alta temperatura, ambiente alcalino, atmosfera oxidante, ótima mistura dos gases com os produtos, e tempo de residência maior que 2 segundos. Em síntese, o coprocessamento em cimenteiras apresenta alta eficiência e capacidade de recuperação total de poder calorífico: uma kcal de resíduo substitui integralmente uma kcal de combustível fóssil (HENDRIKS et al., 1998).

A ABCP (2010) informa que, de um total de 47 fábricas instaladas no Brasil, 36 possuem licenciamento ambiental para essa prática, o que já corresponde a 80% do volume de produção nacional de *clinker*. Contudo, conforme Carpo e Coelho (2006), uma linha de produção de cimento não pode queimar os resíduos que contenham cloro, pois podem danificar equipamentos, além de produzir gases nocivos ao meio ambiente. Apesar disso, de forma prática, a cooperação entre a cadeia ambiental de uma empresa do ramo automobilístico, como o pneu, com a cadeia de uma empresa do ramo de construção civil, no caso o cimento, tem se mostrado plenamente factível, sob aspectos econômicos e ambientais. Essa afirmação também é defendida por Carpo e Coelho (2006) e por Monteiro e Mainier (2008).

A relação entre vendas, produção de cimento e coprocessamento é detalhada na Figura 4. Nele, linhas pontilhadas referem-se a relações inversamente proporcionais; e, linhas contínuas, a relações proporcionais.

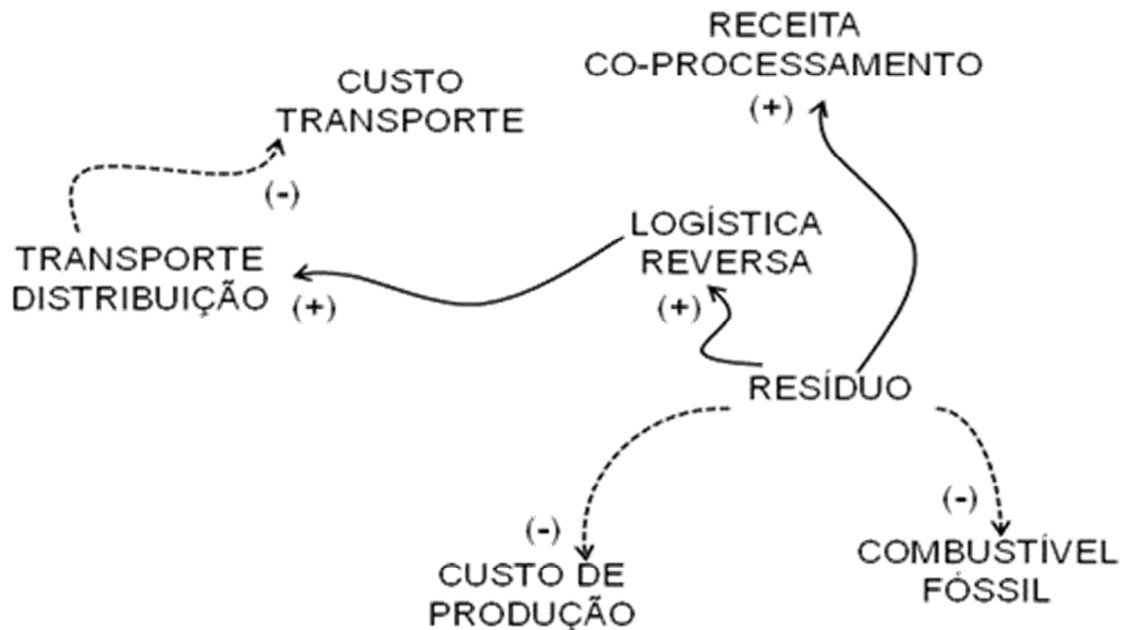
**Figura 4 – Relação entre os constructos da cadeia cimenteira.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto mais venda, maior será o volume de produção e a necessidade de transporte de distribuição. Por consequência, maior será o custo total de transporte, que reduzirá a margem de contribuição. Ao aumentar o volume de produção, maior será a necessidade de calor, para o qual será necessário maior volume de combustível (fósseis ou residuais). Os demais relacionamentos seguem as mesmas proporções. Existe uma relação positiva e negativa entre os constructos e, com isso, faz-se necessário o seu detalhamento: quanto maior a demanda de queima de resíduos, maior será a receita dessa tarefa, e maior possibilidade de utilização de logística reversa, que viabiliza o transporte de distribuição, diminuindo, assim, a conta fretes. Cabe lembrar que o aumento da quantidade de resíduos traz a possibilidade de redução da utilização de combustíveis fósseis, o que acarretará num custo menor de produção. Essas interações estão exemplificadas na Figura 5. Nela estão marcadas com o sinal de '+' as relações com impactos positivos, já o sinal '-' marca as relações negativas.

**Figura 5 – Relação dos constructos de Coprocessamento.**



Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

Neste capítulo foram abordados os itens considerados pilares deste projeto de pesquisa. Foram analisadas as teorias sobre a logística reversa, que serão utilizadas para o desenvolvimento dos processos de transferência e transporte dos resíduos. Com o objetivo de melhor identificar a importância dos resíduos no caso de pesquisa, o processo de produção de cimento foi descrito desde suas atividades primárias, como a mineração, até a expedição do produto final. Foram descritos, ainda, os combustíveis utilizados nos fornos de *clinker*, encerrando com a apresentação do processo de coprocessamento. Essas informações, dispostas na sequência apresentada, contribuem para a consolidação do cenário desta pesquisa, em profundidade.

Cabe ao capítulo seguinte fazer a apresentação do método de pesquisa e seus desdobramentos.

### 3 O MÉTODO

Segundo Severino (2007), a prática científica exige a aplicação de uma série de técnicas que incluem desde as mais simples observações até os mais rigorosos procedimentos estatísticos e análises de dados. Contudo, todas as técnicas conhecidas são de pouca valia se o pesquisador não fizer uso de um método científico para o desenvolvimento da pesquisa. O estudo dos aspectos referentes ao método é a metodologia. Thiollent (1988) afirma que o objetivo da metodologia consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, permitindo que o pesquisador saiba o que esperar e o que não esperar de cada tipo de método, quando aplicado a diferentes problemas de pesquisa. A metodologia pode orientar o pesquisador na escolha do método mais adequado ao seu objetivo de pesquisa.

A seguir, são feitas considerações gerais sobre metodologia e sobre o método de pesquisa escolhido para atender ao objetivo desta dissertação.

#### 3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Severino (2007) afirma que o processo científico é o enlace da teoria com dados empíricos, ou seja, a articulação entre o lógico e o real, cabendo ao método científico permitir o acesso às relações causais constantes entre os fenômenos. Dalberio (2009) afirma que o método científico é um conjunto de tarefas que conduzem o pesquisador ao longo de um processo de pesquisa com um fim determinado.

A metodologia é o estudo dos vários procedimentos para se conhecerem os fenômenos, cujo objetivo vai sendo alcançado à medida que avança o domínio do conhecimento sobre o fato pesquisado. Para o autor, o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permitem alcançar um objetivo.

O método deve se amparar de conhecimentos válidos, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do pesquisador (LAKATOS e MARCONI, 1992). Miguel et al. (2010) e Dalberio (2009) afirmam que existem três grandes métodos de pesquisa capazes de conceber a relação de reciprocidade entre sujeito e objeto. O primeiro é



qualificado de hipotético e é dividido em dois grupos: indutivo (o pesquisador passa do particular para o universal); e dedutivo (o pesquisador passa do universal para o particular). Nesse método hipotético, hipóteses são enunciadas e verificadas na natureza, segundo técnicas qualitativas ou quantitativas. Hipóteses permitem ao pesquisador organizar o raciocínio, estabelecendo pontes entre as ideias gerais e abstratas e comprovações por observações concretas (THIOLLENT, 1988). O segundo método é chamado de fenomenológico, que se sustenta pela observação dos fatos e especulação acerca de suas origens, sem se preocupar com o estabelecimento de relações causa-efeito, nem de modelos matemáticos que expliquem a origem dos fenômenos. O método fenomenológico preocupa-se mais em entender a realidade que foi construída, entender o contexto em que opera e como um agente pode tirar proveito dessa realidade. Por fim, o método dialético, que parte da existência de uma tese e para a qual procura-se uma antítese. É do confronto dessas duas informações que nasce a síntese.

Esta dissertação vale-se mais do método fenomenológico. Foi estudada a realidade de uma operação industrial reversa, seu contexto, sua construção e como agentes identificados podem tirar proveito dessa operação. Quanto à abordagem, foi qualitativa. O método de pesquisa foi a pesquisa-ação, com objetivo técnico. A principal técnica de pesquisa, mas não a única, foi a observação participante. Segundo Turrioni e Mello (2010), uma pesquisa-ação com objetivo técnico pode contribuir para a solução de um problema tipicamente ligado a operações de campo, como apresenta esta dissertação. Segundo Miguel et al. (2010), é por meio da observação participante que o pesquisador pode interferir no objeto de estudo para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

### 3.2 A PESQUISA-AÇÃO

Segundo Franco (2005), a pesquisa-ação (*action research*) tem suas origens nos trabalhos de Kurt Lewin, datados de 1946. Hard e Bond (1995, *apud* FRENCH, 2009) sugerem que a pesquisa intitulada Pesquisa de Professores, conduzida por Buckingham, em 1926, seja a pesquisa mais antiga conhecida e documentada com características de pesquisa-ação. Segundo Miguel et al. (2010), a pesquisa-ação é o método pelo qual o pesquisador interfere e modifica o objeto de estudo, de forma cooperativa com outros participantes da ação, para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

Macintorsh e Wilson (2003, *apud* McLennes e Hibbert, 2007) afirmam que a pesquisa-ação foi denominada de guarda-chuva de termos, para descrever uma série de atividades destinadas a promover mudanças. French (2009) caracteriza a pesquisa-ação como uma família de metodologias de pesquisa que visa promover a mudança pela ação e, simultaneamente, oferecer melhor compreensão do objeto de estudo. Engel (2000) sintetiza e caracteriza a pesquisa-ação como a união da pesquisa à ação, ou seja, o desenvolvimento do conhecimento e a compreensão a partir da resolução de problemas práticos. Bryman (1995) acrescenta que a pesquisa-ação é uma abordagem na qual o pesquisador e o cliente colaboram na resolução de um problema em que as descobertas resultantes contribuirão para a base do conhecimento científico. Segundo Thiollent (1988), a pesquisa-ação caracteriza-se pela existência de um objetivo prático e de um objetivo de conhecimento. A pesquisa-ação visa a atingir o objetivo prático e, ao longo deste processo, construir conhecimentos que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos. Segundo Turrioni e Mello (2010), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa aplicada em que pesquisador e cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e na busca da solução de um problema, que contribuirão para aumentar a base de conhecimento em um dado domínio.

Das definições pesquisadas, um aspecto apontado por Thiollent (1988) é de particular interesse para esta dissertação. Segundo o autor, a pesquisa-ação é uma pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Conforme o autor, pesquisa-ação é mais que pesquisa participante, pois na pesquisa participante o pesquisador observa os fenômenos, não participando efetivamente da resolução do problema. Já na pesquisa-ação, os pesquisadores desempenham papel ativo e planejado na solução de um problema. Segundo Franco (2005), o pesquisador deve assumir dois papéis ao mesmo tempo: o de pesquisador em busca de conhecimento, e de membro de um grupo que busca a solução de um problema.

Nesta dissertação, um problema específico foi resolvido: a organização de uma rede de reaproveitamento de resíduos industriais; ao mesmo tempo, um conhecimento foi produzido: o papel de atividades reversas na indústria cimenteira. Para Engel (2000), esse tipo de pesquisa constitui um meio de desenvolvimento de dentro para fora, pois parte das preocupações e interesses de pessoas que estão envolvidas na prática com o problema. Franco (2005) ressalta que a pesquisa-ação pressupõe uma integração dialética entre o sujeito e sua pesquisa, entre o fato e o valor, entre o pensamento e ação. Nesta dissertação, observou-se esta troca dialética entre teoria e ação de campo.

### 3.2.1 Objetivos e características da pesquisa-ação

Isoladamente, objetivos e características da pesquisa-ação têm peculiaridades próprias, mas a falta de uma pode resultar na ausência da outra. Por isso, Miguel et al. (2010) definem dois grupos de objetivos. O primeiro objetivo diz respeito aos objetivos técnicos que devem caracterizar o problema a ser resolvido na pesquisa. De outro lado, os objetivos científicos, que devem produzir conhecimentos de difícil acesso por meio de outros procedimentos, contribuindo, assim, para aumentar a base de conhecimento científico. French (2009) complementa esses dois objetivos com um objetivo emancipatório, que busca a emancipação dos participantes das regras de tradição, autodecepção e coerção.

Estas informações estão sintetizadas no quadro 3, que também apresenta o papel do pesquisador e seu relacionamento com os demais participantes da pesquisa.

Quadro 3 – Objetivos da pesquisa-ação

<b>Tipo de Pesquisa-ação</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Papel do pesquisador</b>	<b>Relacionamento pesquisador e participante</b>
Técnica	Eficácia / Eficiência da prática profissional Desenvolvimento profissional	Especialista externo Aplica soluções de outro lugar	Dependência do pesquisador
Prática	Agrega item 1 Compreensão dos participantes Transforma consciência dos participantes	Estimula a participação e a autoreflexão Escolhe ou projeta as mudanças	Cooperação
Emancipatória	Agrega itens 1 e 2 Emancipar participantes de regras de tradição, autodecepção e coerção	Moderador do processo	Colaboração

Fonte: Miguel et al, 2010

O Quadro 4 sintetiza as principais características da pesquisa-ação, segundo os autores pesquisados. Pode-se afirmar que as principais características são:

- a) produção de algo novo;
- b) envolvimento entre pesquisador e pesquisado;
- c) pesquisa feita de forma conjunta; e
- d) existência de mudanças implantadas no objeto de estudo.

Quadro 4 – Características da pesquisa-ação

<b>Autores pesquisados</b>			
<b>Engel (2000)</b>	<b>French (2009)</b>	<b>Miguel et al. (2010)</b>	<b>Thiollent (1988)</b>
Deve gerar aprendizagem para todos os envolvidos;	Permite que os profissionais pesquisem suas próprias atividades	Utilização da abordagem científica na solução de problemas.	Ampla interação entre pesquisadores e pesquisados.
O pesquisador intervém numa situação a fim de verificar se um novo procedimento é eficaz ou não;	Permite que os gestores analisem criticamente as suas próprias crenças e práticas.	Membros do sistema estudado participam ativamente, e de forma cooperada, no processo.	Desta interação deve sair a ordem de prioridade dos problemas.
É situacional e analisa um problema específico, numa situação específica;	Ajuda os gestores na implementação de mudanças de forma eficaz.	Compreende ciclos interativos de coleta de dados.	Não se limita a uma única forma de ação.
É cíclica, pois os resultados de uma fase alimentam a outra.	Ajuda a desenvolver uma visão holística.	Espera-se que a condução da pesquisa seja em tempo real.	Tem o objetivo de resolver problemas da situação observada.
	Pode possuir uma variedade de métodos de coleta de dados.		Acompanha as decisões e todas as ações dos atores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.2 Estrutura da pesquisa-ação

Kyro (2004) ressalta que os procedimentos contemporâneos de pesquisa são mais voltados para análise de processos, visando encontrar soluções para questões do tipo “como”, ao invés de focar em “o que”, ou seja, como as coisas acontecem e como aplicá-las e/ou mudá-las. Assim, a partir desta observação, e seguindo a linha de raciocínio anterior, em que a pesquisa-ação é caracterizada também como um processo cíclico, de trocas entre teoria e ação, no Quadro 5 está apresentada uma estrutura de trabalho em pesquisa-ação.

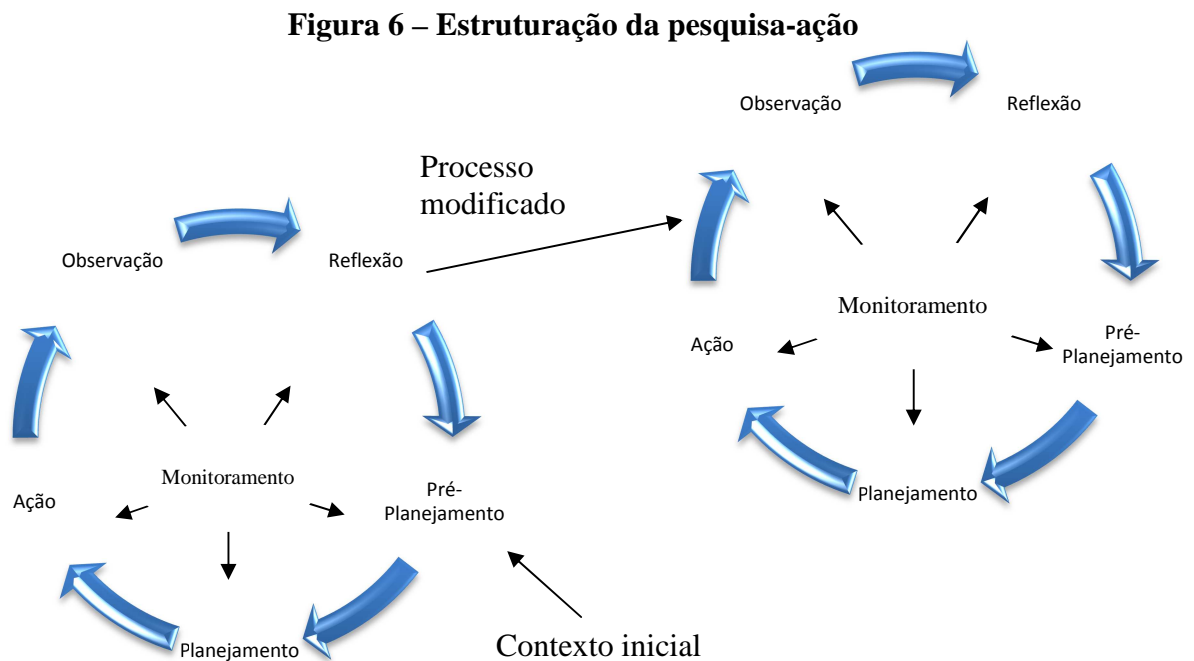
Quadro 5 – Estrutura da pesquisa-ação

<b>Nome das Fases</b>	<b>Etapas</b>	<b>Desdobramento</b>
Pé na porta	Planejamento Preliminar	Diagnóstico da situação Definir tema e assunto Definir questão problema Definir critério de avaliação da pesquisa
	Planejamento	Mapear literatura Definir ideias e proposições Definir objetivos da pesquisa Selecionar unidade de análise Definir técnica de apoio Comparar dados empíricos com a teoria Elaborar plano de ação
Jogue o jogo, mas mantenha-se à parte	Ação	Implementar plano de ação Realizar as mudanças
Descrevendo contos	Observação	Avaliar resultado Prover estrutura para replicação
Final do processo	Reflexão	Desenhar implicações teóricas e práticas Redigir o relatório

Fonte: adaptado de McInnes e Hibbert (2007), Kyro (2004), Rowley (2003) e Miguel et al. (2010)

A caracterização de cada uma das etapas da pesquisa-ação é feita por Rowley (2003). O autor detalha que o planejamento preliminar deve ser colaborativo com a equipe de pesquisa, deve ter como objetivo buscar referências particulares para os fatores externos e forças internas para a mudança. Já o planejamento é o momento de desenhar as intervenções que serão feitas no processo. Para a fase das ações, cabem as injeções de mudanças que foram pensadas e validadas pelo grupo de pesquisa. Nas observações, serão avaliados os impactos e a adequação das alterações feitas no processo. Kyro (2004) acrescenta mais uma etapa, por ele chamada de reflexão. Nela, o pesquisador deve compreender como a pesquisa-ação contribuiu para o aprendizado. Estas reflexões servirão de base para o planejamento do próximo ciclo.

A correlação e a sequência para a construção da pesquisa-ação, conforme Altrichter et al. (2002), está detalhada na Figura 6. Para cada ciclo de trabalho, é esperada cada uma das etapas descritas anteriormente. Coughlan e Coughlan (2002) destacam a necessidade do monitoramento constante, como sendo uma fase de trabalho.



Fonte: Adaptada de Altrichter et al. (2002)

French (2009) reconhece que nem sempre é possível – por questão de tempo, espaço e outras circunstâncias – concluir vários ciclos da pesquisa-ação ao realizar uma pesquisa

acadêmica. O autor afirma que, para uma pesquisa de mestrado, cabe uma repetição do ciclo de pesquisa, e que um doutorado exige dois ou três ciclos. Assim, seguindo a proposta do autor, este trabalho será realizado em dois ciclos de pesquisa. O primeiro está compreendido até a sessão 2.3 deste projeto, inclusive. O segundo tem seu início na sessão seguinte.

Rowley (2003) fala de um segundo ciclo que ocorre de forma paralela ao apresentado na Figura 6. Para este ciclo, o autor deu o nome de meta-ciclo, que, segundo ele, deve ser o principal foco das conclusões de uma dissertação ou projeto de pesquisa, uma vez que contém as reflexões sobre o aprendizado construído a partir de um projeto de pesquisa-ação. Este ciclo deve ser construído a partir de quatro passos principais: (i) o pesquisador deve aprender a partir de suas experiências; (ii) o pesquisador deve refletir sobre os fatos vivenciados; (iii) o pesquisador deve interpretar os fatos, fazendo com que as observações façam sentido; e (iv) o pesquisador deve tomar ações que irão causar novas circunstâncias, onde novas oportunidades poderão ser vivenciadas.

### 3.3 O MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho utilizado nesta dissertação foi dividido em etapas: acadêmica; aplicação prática; e reflexão. As etapas estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Etapas do trabalho

<b>ETAPAS DO TRABALHO</b>		
<b>1. ACADÊMICAS</b>	<b>2. PRÁTICAS</b>	<b>3. REFLEXÕES</b>
1.1. Apresentação do tema	2.1. Definição do caso de pesquisa	3.1. Analisar resultados obtidos.
1.2. Relevância do Trabalho	2.2. Análise dos processos	3.2. Analisar as implicações para as partes.
1.3. Definição do objetivo da pesquisa	2.3. Identificar potenciais melhorias	3.3. Conclusões
1.4. Referencial Teórico	2.4. Planejar e aplicar as mudanças	3.4. Analisar possibilidades de futuros trabalhos
1.5. Definição da metodologia	2.5. Coletar Resultados	

Fonte: Elaborado pelo autor

As etapas foram desenvolvidas como seguem:

1. Acadêmica:
  - 1.1. Apresentação do tema: a primeira etapa inicia pela definição do tema, detalhando aspectos da logística empresarial, analisando os seus aspectos competitivos e estratégicos.
  - 1.2. Relevância do trabalho: buscou-se através das justificativas acadêmicas, industriais e sociais sustentar a relevância deste projeto de pesquisa.
  - 1.3. Definição do objetivo: através da definição do problema de pesquisa, espera-se chegar aos constructos que possam garantir a sustentabilidade de uma operação sedimentada em fluxos logísticos e atividades reversas.
  - 1.4. Referencial teórico: a construção de um referencial teórico que aborde os principais tópicos do tema escolhido é a pedra angular deste projeto de pesquisa. Para isso, foi realizada uma pesquisa com trabalhos acadêmicos, para servir de guia para as reflexões finais.
  - 1.5. Definição da metodologia: uma vez definido o caso de pesquisa, é devida a identificação do melhor método de pesquisa que possa ser utilizado. Partindo do pressuposto do caso estar sendo construído no mesmo momento que este projeto, e que se espera que ele seja capaz de nortear os processos logísticos da empresa analisada, a pesquisa-ação mostrou-se o melhor caminho a ser utilizado para a condução deste projeto.
  
2. Práticas

Esta etapa de trabalho contou com a colaboração de um grupo de trabalho, o qual está formalmente descrito no capítulo 5 deste trabalho.

  - 2.1. Definição do caso de pesquisa: acredita-se na busca de um caso prático que tenha aderência ao tema e que seu referencial teórico, bem definido, seja a chave de sucesso deste trabalho de pesquisa. Para isso, o autor fez uso de um caso oriundo de sua atividade econômica, a qual tinha como objetivo estratégico o uso da logística como diferencial competitivo e o interesse em atividades reversas.
  - 2.2. Análise dos processos: o primeiro passo do método escolhido passa pela reflexão do estado atual do processo a ser analisado. Assim, inicialmente, foi



feito o detalhamento de todos os processos logísticos da empresa. Este deve servir de ponto de partida para as demais ações práticas.

- 2.3. Identificar potenciais melhorias: uma das principais características da pesquisa-ação é que ela seja capaz de modificar um processo, contribuindo ao mesmo tempo para a evolução do conhecimento acadêmico e prático. Para isso, foram identificadas as principais fraquezas e ameaças, bem como as injeções de melhorias à luz do referencial teórico analisado.
  - 2.4. Planejar e aplicar as mudanças: depois do processo ter sido analisado e as mudanças necessárias identificadas, foi necessário agir no sistema. Todas as modificações foram discutidas entre o pesquisador e o grupo de trabalho da empresa, de forma a integrar pensamento e ação, ciência e prática.
  - 2.5. Coletar resultados: como a metodologia aplicada é capaz de produzir um número significativo de informações, os dados foram coletos simultaneamente ao desenvolvimento da pesquisa, através de atas de reuniões, *workshops* e resumos semanais de ações, detalhados no quadro 10.
3. Reflexão
    - 3.1. Analisar resultados: os dados encontrados foram analisados criticamente à luz do referencial teórico pesquisado. Para isso, buscou-se identificar os efeitos das ações realizadas no sistema, de forma a identificar se o diagnóstico estava correto e se as ações foram realizadas de forma correta.
    - 3.2. Analisar as implicações para as partes pesquisadas: após analisar os reflexos dos resultados no sistema pesquisado, cabe a análise destes para cada uma das partes pesquisadas, como forma de identificar se houve algum tipo de perda para um dos lados.
    - 3.3. Conclusões: apesar das reflexões acontecerem ao longo do processo, é necessário uma etapa conclusiva, na qual sejam integrados os mundos – acadêmico e prático –, e na qual seja analisado se o conhecimento produzido é válido e transferível.
    - 3.4. Futuros trabalhos: apesar de sua relevância, um projeto de pesquisa com este contorno nada mais é que um primeiro passo científico de um longo caminho a ser trilhado; assim sendo, devem ser analisados os possíveis futuros trabalhos a partir dele.

#### 4 A PESQUISA: PLANEJAMENTO PRELIMINAR

Os tópicos abordados até este ponto da pesquisa contornaram os conhecimentos acadêmicos pesquisados, cabendo a este capítulo dar início à etapa de campo do projeto de pesquisa.

Seguindo o que foi proposto no Quadro 6, quanto às etapas do trabalho, agora ilustrado de forma adaptada no Quadro 7, o capítulo que se inicia caracteriza-se como a análise dos processos. Nele, serão apresentadas as empresas envolvidas, o contexto do mercado de combustíveis, as pressões por melhorias ambientais, os principais geradores de resíduos sólidos industriais, e, por fim, o caso de pesquisa propriamente dito.

Quadro 7 – Desenvolvimento da proposta de trabalho

GRUPO	ETAPAS DO TRABALHO	TÓPICO DESENVOLVIDO
Acadêmicas	Apresentação do Tema	SESSÃO 1.1
	Relevância do Trabalho	SESSÃO 1.2
	Definição do objetivo da pesquisa	SESSÃO 1.3
	Referencial Teórico	CAPÍTULO 2
	Definição da Metodologia	CAPÍTULO 3
Práticas	Definição do caso de pesquisa	CAPÍTULO 4
	Análise dos processos	SESSÃO 5.1
	Identificar potenciais melhorias	SESSÃO 5.2
	Planejar e aplicar as mudanças	SESSÃO 5.3
	Coletar resultados	SESSÃO 5.4
Reflexão	Analisar resultados	SESSÃO 5.5
	Analisar as implicações para as partes.	SESSÃO 5.5.1 e 5.5.2
	Conclusões	CAPÍTULO 6
	Futuros Trabalhos	SESSÃO 6.2

Fonte: Elaborado pelo autor.

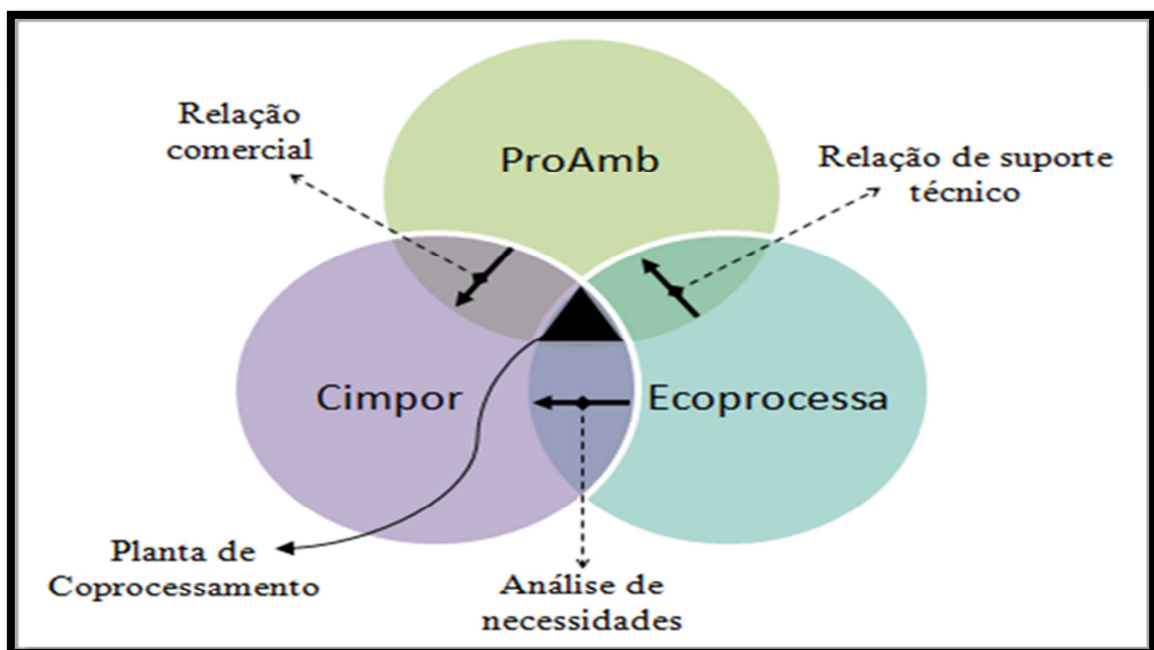
Neste momento, organiza-se o método de trabalho, a análise dos processos, o planejamento das ações e os desdobramentos já descritos no Quadro 5. Como é usual em pesquisa-ação, os achados de campo dialogam com a teoria. Portanto, sempre que um achado de campo exige confronto com a teoria, a referência à literatura é realizada.

#### 4.1 AS EMPRESAS ENVOLVIDAS

Esta dissertação foi aplicada em três empresas que operam de modo colaborativo. A primeira delas é uma empresa cimenteira de capital estrangeiro, conhecida por CIMPOR, que no Brasil opera com oito fábricas de cimento e detém substancial participação de mercado. Para a dissertação, interessam suas operações no Sul do Brasil. A segunda empresa envolvida é a fundação PROAMB, localizada na serra gaúcha, mais precisamente em Pinto Bandeira. Existe ainda uma terceira empresa, que exerce papel de suporte técnico, conhecida por ECOPROCESSA. Da união dos interesses das partes estudadas, foi desenvolvida a primeira planta de *coprocessamento* de resíduos do estado Rio Grande do Sul.

A Figura 7 apresenta as principais relações existentes entre as empresas envolvidas.

**Figura 7 – Relação entre as empresas estudadas.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.1 CCB – Cimpor Cimentos do Brasil

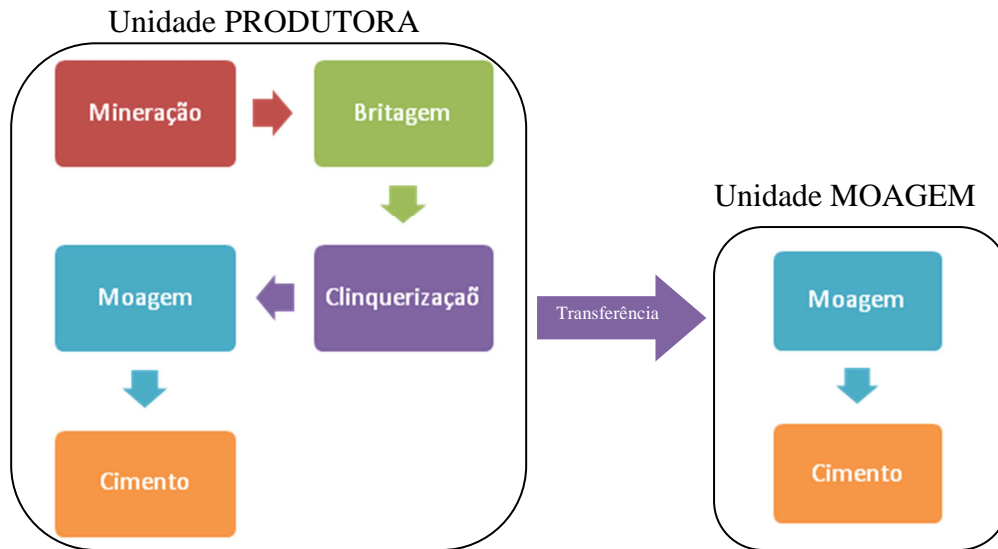
A Cimpor foi escolhida como empresa âncora deste projeto de estudo pelo seu perfil de classe internacional, pelo amplo acesso franqueado ao pesquisador e também porque o seu processo produtivo reúne as condições necessárias para o coprocessamento descrito por Rocha et al. (2011), que são: alta temperatura, ambiente alcalino, atmosfera oxidante e ótima mistura dos gases com os produtos, além do tempo de residência maior que 2 segundos.

A Cimpor tem sede em Portugal e está entre os dez maiores grupos mundiais de cimento. A empresa opera em doze países: Portugal, Espanha, Cabo Verde, Brasil, Marrocos, Tunísia, Egito, Turquia, Moçambique, África do Sul, China e Índia, e conta com cerca de 8.500 colaboradores de 33 nacionalidades. No mundo, são 26 fábricas, as quais atingem, juntas, uma capacidade instalada de produção de 36 milhões de toneladas de cimento por ano.

A Cimpor chegou ao Brasil em 1997, pela aquisição de uma unidade fabril na cidade de Campo Formoso/BA. Na sequência, foram adquiridas três unidades do grupo Bunge, no sul e no sudeste, e três no nordeste, pertencentes ao grupo Brennand. A última aquisição, feita até a data de conclusão deste trabalho, foi a unidade de Brumado/BA, anteriormente pertencente ao grupo francês Lafarge. Hoje, o Grupo Cimpor conta com uma capacidade instalada produtiva acima de sete milhões de toneladas de cimento/ano, em todo o Brasil. As unidades estudadas chegam a 790 mil toneladas/ano.

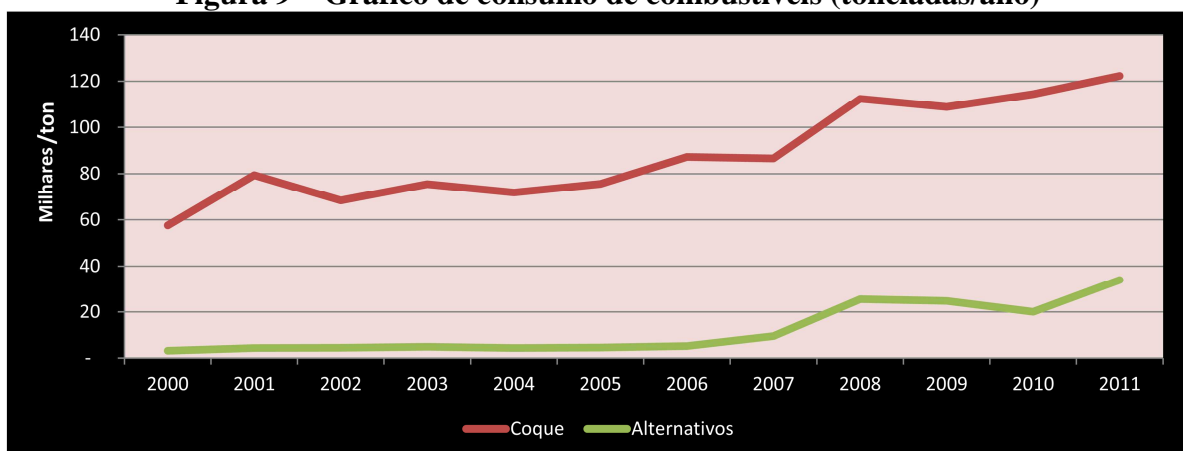
Para esta dissertação interessam duas unidades do grupo Cimpor no RS, distantes 400 quilômetros uma da outra: A e B. A unidade A foi chamada de PRODUTORA, por ser uma fábrica completa, capaz de produzir e moer o *clinker*, produzindo, assim, o produto final, o cimento. A capacidade de produção de *clinker* é de 490 mil toneladas/ano e 190 mil toneladas/ano de cimento. A unidade produz *clinker* para si e para a unidade B, que o recebe, mói e entrega apenas o produto final, o cimento. A unidade B foi chamada de MOAGEM e tem capacidade produtiva de 600 mil toneladas/ano de cimento.

A Figura 8 detalha o processo produtivo e logístico de produção do cimento nas unidades trabalhadas.

**Figura 8 – Processo produtivo e logístico**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a produção de 1 kg de *clinker*, são necessárias 750 a 850 kcal de calor (FARENZENA, 1995). Para atingir os volumes orçados de produção, a unidade PRODUTORA deve consumir, em média, 100 mil de toneladas de combustíveis por ano. A Figura 9 apresenta o consumo histórico dos dois combustíveis mais usados na unidade PRODUTORA. Por motivos de confidencialidade, os volumes foram multiplicados por um coeficiente interno.

**Figura 9 – Gráfico de consumo de combustíveis (toneladas/ano)**

Fonte: Elaborado pelo autor.

O principal combustível utilizado pela unidade PRODUTORA é de origem fóssil, o coque verde de petróleo. Inicialmente, o coque era considerado resíduo industrial, oriundo do refino do petróleo. Até os anos 1990, o coque verde de petróleo foi ignorado pela indústria. Depois de ter suas propriedades caloríficas reconhecidas pela indústria cimenteira, o coque passou a ter importância econômica no mercado mundial de combustíveis para fornos industriais. Hoje, tem seu preço tabelado mundialmente e é tratado como uma *commodity* internacional.

A unidade PRODUTORA faz suas aquisições por importações, ou diretamente da unidade de refino da Petrobrás, Alberto Pasqualini – Refap/Repsol, em Canoas/RS.

O primeiro combustível alternativo utilizado pela unidade PRODUTORA foi a casca de arroz. Abundante na região sul do estado do Rio Grande do Sul e oriundo do processo de secagem e embalagem do produto colhido em fazendas da região, a casca de arroz possui alto poder calorífico, acima de 3.200 Kcal/Kg, e alto teor de sílica. Essas duas características contribuem positivamente para o processo de clinquerização.

O segundo combustível alternativo utilizado pela unidade PRODUTORA foram pneus inservíveis. Um acordo para fornecimento foi realizado entre a Cimpor e a ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. O abastecimento deste resíduo é feito por coleta em grandes empresas transportadoras, prefeituras municipais, aterros sanitários e os chamados ecopontos. Não foi objetivo desta dissertação explorar o processo logístico dos combustíveis alternativos.

#### **4.1.2 Ecoprocessa**

Criada em 2005 pelos grupos cimenteiros internacionais Cimpor e Lafarge, a EcoProcessa é uma *joint-venture* atuante apenas no Brasil e focada em combustíveis alternativos. Seu ramo de atuação é a atividade de coprocessamento de resíduos, e, para tanto, pesquisa mercados potenciais, analisa os produtos, desenvolve fornecedores e acompanha o fluxo de abastecimento das onze fábricas das duas associadas. Como o seu objetivo é tornar sustentável economicamente o negócio de coprocessamento, todo o lucro gerado é investido no desenvolvimento de novas parcerias e em suporte técnico, palestras em comunidades e patrocínio de ações que visem à preocupação com a ecologia industrial. A Figura 10 apresenta como a EcoProcessa espera que sejam suas ações.

**Figura 10 – Pilares de projetos da Ecoprocessa**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo este modelo, os projetos desenvolvidos pela Ecoprocessa geraram cerca de 100 postos de trabalho e já distribuíram mais de R\$ 1.000.000 como renda. Na ponta do meio ambiente, já foram consumidos mais de 100 milhões de pneus e cerca de 4.500 diferentes operações com vários tipos de resíduos. Seu principal propósito é contribuir para o aumento de práticas ambientalmente amigáveis no âmbito empresarial. Para favorecer a relação com o meio ambiente, não se espera que a indústria produza menos, mas que reduza a necessidade de novos recursos naturais e energéticos.

#### **4.1.3 Fundação ProAmb**

A fundação foi criada em abril de 1991, pela união de esforços de mais de trinta empresas da serra gaúcha de diversos ramos de atividade, tais como moveleiro, vitivinícola, siderúrgica e metal-mecânico. Seu propósito foi a busca de solução ambientalmente correta para resíduos industriais produzidos na região pelas próprias empresas fundadoras. Com base em tecnologia importada da Alemanha, foi criado o aterro industrial de Pinto Bandeira, então

distrito de Bento Gonçalves, hoje município, no Rio Grande do Sul. O aterro tinha capacidade inicial para 10.000 metros cúbicos de resíduos, oriundos apenas de suas associadas.

A partir de 2002, por decisão estratégica de diretoria, a fundação passou a receber resíduos vindos de todo o estado. Concomitante a isso, a Proamb definiu, como posicionamento de negócio, ser reconhecida como uma prestadora de serviços e de soluções ambientais para clientes industriais. Em 2004, a fundação agregou ao *portfolio* a prestação de assessoria ambiental, oferecendo soluções para tratamento de efluente e minimização da produção de resíduos industriais, através de recuperação, reutilização ou destinação final adequada em aterro industrial. A Figura 11 apresenta a unidade de aterro sanitário, composta por uma unidade de triagem (detalhe A), unidade de resíduo classe II (detalhe B) e, por fim, as unidades de resíduo classe I (detalhe C).

**Figura 11 – Vista aérea do Aterro Industrial da Proamb**



Fonte: Fundação Proamb, 2010

Preocupados com as crescentes pressões por melhorias no processo de gestão de resíduos feitas pelos órgãos regulatórios estaduais, a ProAmb, recentemente, iniciou novos estudos sobre soluções ambientalmente amigáveis que sejam capazes de tratar a crescente produção de resíduos industriais e, ao mesmo tempo, atender às novas legislações ambientais.



## 4.2 RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Para identificar os resíduos possíveis de coprocessamento, o grupo de trabalho buscou sustento na lei 12.305, de 02/08/2010, que, em seu artigo 13, define como resíduo sólido industrial tudo aquilo que for gerado em estado sólido nos processos produtivos e instalações industriais, como decorrência dos processos industriais, e não possa ser considerado produto acabado ou produto intermediário. Além disso, identificou-se que, através das afirmações de Halliday (2003), os resíduos sólidos industriais podem ser considerados perigosos ou não perigosos. Os não perigosos podem ser do tipo inerte ou não inerte. O Quadro 8 sintetiza essa classificação.

Quadro 8 – Classificação dos resíduos sólidos

<b>CATEGORIAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Classe I (perigosos)	Apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II A( não inertes)	Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém não se enquadram como resíduos I ou II B.
Classe II B(Inertes)	Não tem constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

Fonte: ABNT (2004).

Uma vez identificado o grupo de produtos que seriam utilizados pela planta de *blendagem*, partiu-se em busca de informações a respeito das fontes de geração desses insumos. Após consulta junto à entidade ambiental competente – a FEPAM –, o grupo recebeu a instrução de procurar o Ministério do Meio Ambiente, que possibilita a pesquisa PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos –, para delimitar o mercado nacional de resíduos. Já para os dados relevantes para a economia estadual, o endereço eletrônico da instituição, na internet, seria capaz de fornecer os elementos necessários.

Como para esta dissertação interessam apenas dados sobre o Rio Grande do Sul, todos os detalhamentos das informações seguem este contorno. Assim, a Tabela 5 aponta que

esta Unidade da Federação é responsável por 2,4% do total de resíduos gerados no Brasil, porém responde por 5% dos resíduos perigosos (Classe I), produzidos em 2002.

Tabela 5 – Quantidade de resíduos pesquisados no ano 2002

<b>CLASSE DO RESÍDUO</b>	<b>BRASIL*</b>	<b>RIO GRANDE DO SUL**</b>	<b>PARTICIPAÇÃO</b>
Classe I	3.786.391 ton.	189.203 ton.	5,0 %
Classe II	93.869.046 ton.	2.174.682 ton.	2,3 %
<b>Total de Resíduo</b>	<b>97.655.437 ton.</b>	<b>2.363.885 ton.</b>	<b>2,4 %</b>

Fonte: \*PNRS (Plano Nacional de Resíduos Sólidos). \*\* Fonte: Fepam (2010).

Seguindo as mesmas linhas de pesquisa do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, a Tabela 6 apresenta a pesquisa feita pela FEPAM, quando mapeou os principais geradores de resíduos sólidos em terras gaúchas.

Tabela 6 – Distribuição das indústrias pesquisadas no ano 2002

<b>REGIÃO DO ESTADO</b>	<b>N.º empresas</b>	<b>GERAÇÃO DE RESÍDUO (t/ano)</b>			
		<b>CLASSE I</b>	<b>CLASSE II</b>	<b>Total</b>	<b>Partic.</b>
<b>Metropolitano Delta do Jacuí</b>	328	19.520	469.559	489.079	20,7%
<b>Outras</b>	254	5.257	446.309	451.566	19,1%
<b>Vale do Rio dos Sinos</b>	559	80.320	315.895	396.215	16,8%
<b>Serra</b>	634	12.583	307.950	320.533	13,6%
<b>Sul</b>	39	6.255	185.842	192.097	8,1%
<b>Vale do Taquari</b>	96	35.121	124.255	159.376	6,7%
<b>Centro Sul</b>	24	7.895	140.700	148.595	6,3%
<b>Vale do Caí</b>	50	2.673	77.672	80.345	3,4%
<b>Encosta da Serra</b>	113	11.909	55.613	67.522	2,9%
<b>Hortênsias</b>	30	2.450	29.058	31.508	1,3%
<b>Alto Jacuí</b>	23	3.199	18.040	21.239	0,9%
<b>Central</b>	42	2.021	3.790	5.811	0,2%
<b>Total</b>	<b>2.192</b>	<b>189.203</b>	<b>2.174.683</b>	<b>2.363.886</b>	

Fonte: Fepam (2010).

Com base nos dados apresentados, constata-se que 70% dos resíduos são gerados em

quatro regiões. As Tabelas 7 e 8 apresentam a distribuição de resíduos por tipo de indústria. Pode-se constatar que 94% dos resíduos industriais sólidos Classe I são gerados em quatro indústrias: coureira, mecânica, metalúrgica e química. Quanto aos resíduos Classe II, não há tanta concentração, pois as quatro indústrias com mais geração de resíduo representam 69,1% do montante gerado.

Tabela 7 – Geração de resíduo classe I por região geográfica

<b>Setor Industrial</b>	<b>Classe I</b>	<b>Participação</b>
Couro	118.254	62,5%
Mecânico	20.800	11,0%
Metalúrgico	20.624	10,9%
Química	18.232	9,6%
Papel	2.291	1,2%
Borracha	1.504	0,8%
Bebidas	1.347	0,7%
Madeira	1.261	0,7%
Têxtil	1.214	0,6%
Diversos	1.027	0,5%
Elétrico/eletrônico	962	0,5%
Plástico	940	0,5%
Alimentar	490	0,3%
Minerais Ñ Metálicos	123	0,1%
Fumo	82	0,1%
Gráfico	52	0,0%
<b>Total</b>	<b>189.203</b>	

Fonte Fepam (2010)

Tabela 8 – Geração de resíduo Classe II por região geográfica

<b>Setor Industrial</b>	<b>Classe II</b>	<b>Participação</b>
Alimentar	665.451	30,5%
Metalúrgico	296.472	13,6%
Química	288.738	13,3%
Papel	253.776	11,7%
Bebidas	165.562	7,6%
Couro	127.317	5,9%
Mecânico	121.290	5,6%
Madeira	104.435	4,8%
Fumo	47.697	2,2%
Usina Termelétrica	46.179	2,1%
Plástico	13.895	0,6%
Minerais Ñ Metálicos	12.039	0,6%
Têxtil	11.789	0,5%
Borracha	10.278	0,5%
Diversos	6.456	0,3%
Elétrico/eletrônico	3.308	0,2%
<b>Total</b>	<b>2.174.682</b>	

Fonte: Fepam (2010)

Por sua vez, a Tabela 9 mostra os principais destinos dos resíduos industriais. Para os resíduos perigosos, chama atenção o elevado volume já enviado para a Central de Resíduos.

Tabela 9 – Destino dos resíduos

<b>DESTINO</b>	<b>QUANTIDADE (t/ANO)</b>	
	<b>Classe I</b>	<b>Classe II</b>
Central de resíduos	71.546	
Aterro industrial	42.863	158.096
Reaproveitamento/reciclagem	28.268	1.128.591
Enviado para outros Estados	18.592	
Queima em caldeira	3.246	162.615
Outras formas de destino	24.688	366.819
Incorporação ao solo		288.961
Ração animal		69.600
<b>TOTAL</b>	<b>189.203</b>	<b>2.174.682</b>

Fonte: Fepam (2010).

A Tabela 10 apresenta a participação dos principais setores geradores de resíduos classe I e os destinos dados a eles. Com base nos números apresentados, a Central de resíduos recebe 42,6% desse tipo de resíduo, já os aterros representam 25,8%.

Tabela 10 – Destino dos resíduos Classe I por setor da indústria

<b>Setor industrial de origem</b>					
<b>Destino</b>	<b>Couro</b>	<b>Mecânico</b>	<b>Metalúrgico</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Central de resíduos	58.424	6.942	2.753	68.119	42,6%
Aterro industrial próprio /terceiros	40.655	224	380	41.259	25,8%
Outras formas de destino	12.229	2.871	3.030	18.130	11,4%
Reaproveitamento/reciclagem	4.016	4.711	8.337	17.064	10,7%
Enviado para outros estados	2.931	6.051	6.125	15.107	9,5%
<b>Total</b>	<b>118.255</b>	<b>20.799</b>	<b>20.625</b>	<b>59.679</b>	

Fonte: Fepam.

A Tabela 11 apresenta a participação dos principais setores geradores de resíduos Classe II e os destinos dados a eles. A grande preferência dos setores industriais ao reaproveitamento e reciclagem torna-se evidente através da concentração de 57,7% do destino dessa classe de resíduo, o que é fortemente impulsionado pelo setor alimentício, pois sozinho representa 54% deste volume, neste destino.

Tabela 11 – Destino dos resíduos Classe II por setor da indústria

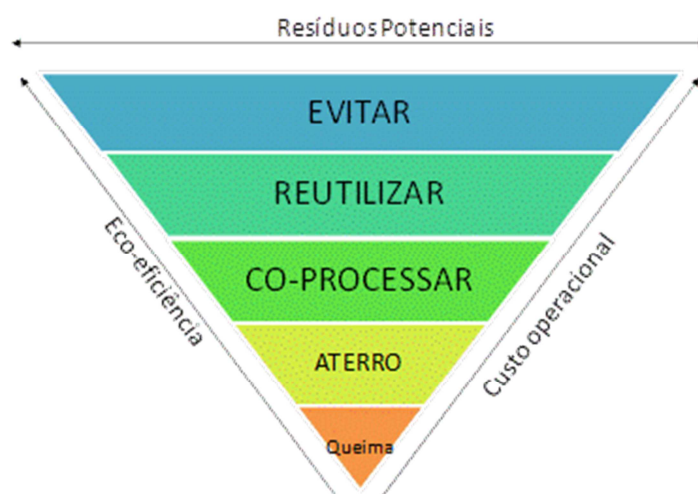
<b>Setor industrial de origem</b>					
<b>Destino</b>	<b>Alimentar</b>	<b>Metalúrgico</b>	<b>Químico</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Reaproveitamento/reciclagem	387.685	198.247	134.881	720.813	57,7%
Incorporação ao solo	116.986		42.277	159.263	12,7%
Outras formas destino /tratamento	79.535	25.336	49.595	154.466	12,4%
Queima em caldeira	38.110		47.304	85.414	6,8%
Aterro industrial próprio	19.231	27.722	14.690	61.643	4,9%
Enviado para outros estados *		27.904		27.904	2,2%
Central de resíduos *		17.263		17.263	1,4%
Lixo municipal *	14.788			14.788	1,2%
Ração animal	9.114			9.114	0,7%
<b>Total</b>	<b>665.449</b>	<b>296.472</b>	<b>288.747</b>	<b>1.250.668</b>	

\* Valores considerados 'Outras formas de destino' na Tabela 9.

Fonte: Fepam (2010)

Uma vez identificados os volumes gerados e consumidos dos resíduos industriais, o grupo focado analisou os dados e buscou identificar uma relação que fosse capaz de justificar, em linhas gerais, o comportamento do mercado, frente à disponibilidade de resíduos e seus destinos. Assim, através da Figura 12, adaptada do modelo definido pelo World Business Council Sustainable Development - WBCSD (2010), que analisa os resíduos industriais através das dimensões de potencial de disponibilidade, de custo operacional e de EcoEficiência, pode-se observar que existe um grande potencial de resíduos que podem ser evitados, o que seria muito bom, analisando-se pelo viés da ecoeficiência. Contudo, o custo para operacionalizar seria muito grande. Do outro lado da pirâmide, a queima dos resíduos mostra-se a operação mais econômica, contudo pouco ecoeficiente, além de ter pouco potencial de resíduos para utilização. Assim, o processo de coprocessamento apresenta-se como a solução que equilibra as três dimensões, tornando o processo mais harmônico.

Figura 12 – Pirâmide da Ecoeficiência, versão adaptada CSI (2010)



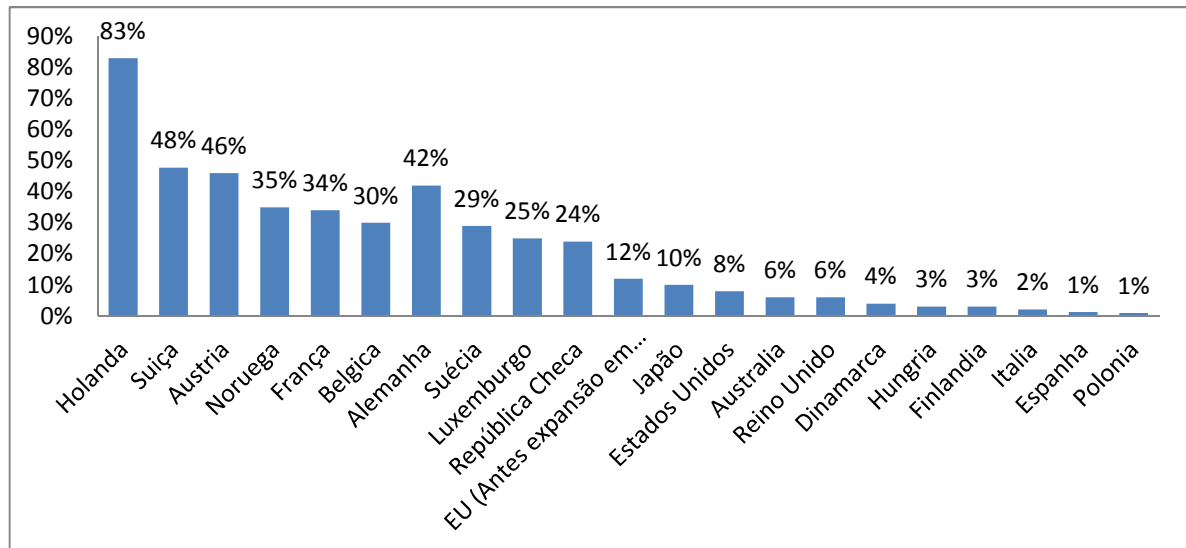
Fonte: WBCSD (2010).

É com base nesse cenário que este trabalho de pesquisa busca, na logística reversa, a viabilidade econômica para o uso de alguns resíduos industriais gerados no Rio Grande do Sul.

#### 4.3 A PRESSÃO POR MELHORIAS NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA

Com base nos dados internos pesquisados, pôde-se notar que existe um movimento consolidado na indústria cimenteira rumo a melhorias na eficiência energética de seus processos. Segundo dados do WBCSD – (2010), existem distâncias entre os países analisados quanto à substituição de combustíveis principais por alternativos. Conforme a Figura 13, pode-se notar que estes valores variam entre <1% até 83%.

**Figura 13 – Percentual de substituição de combustível no mundo**

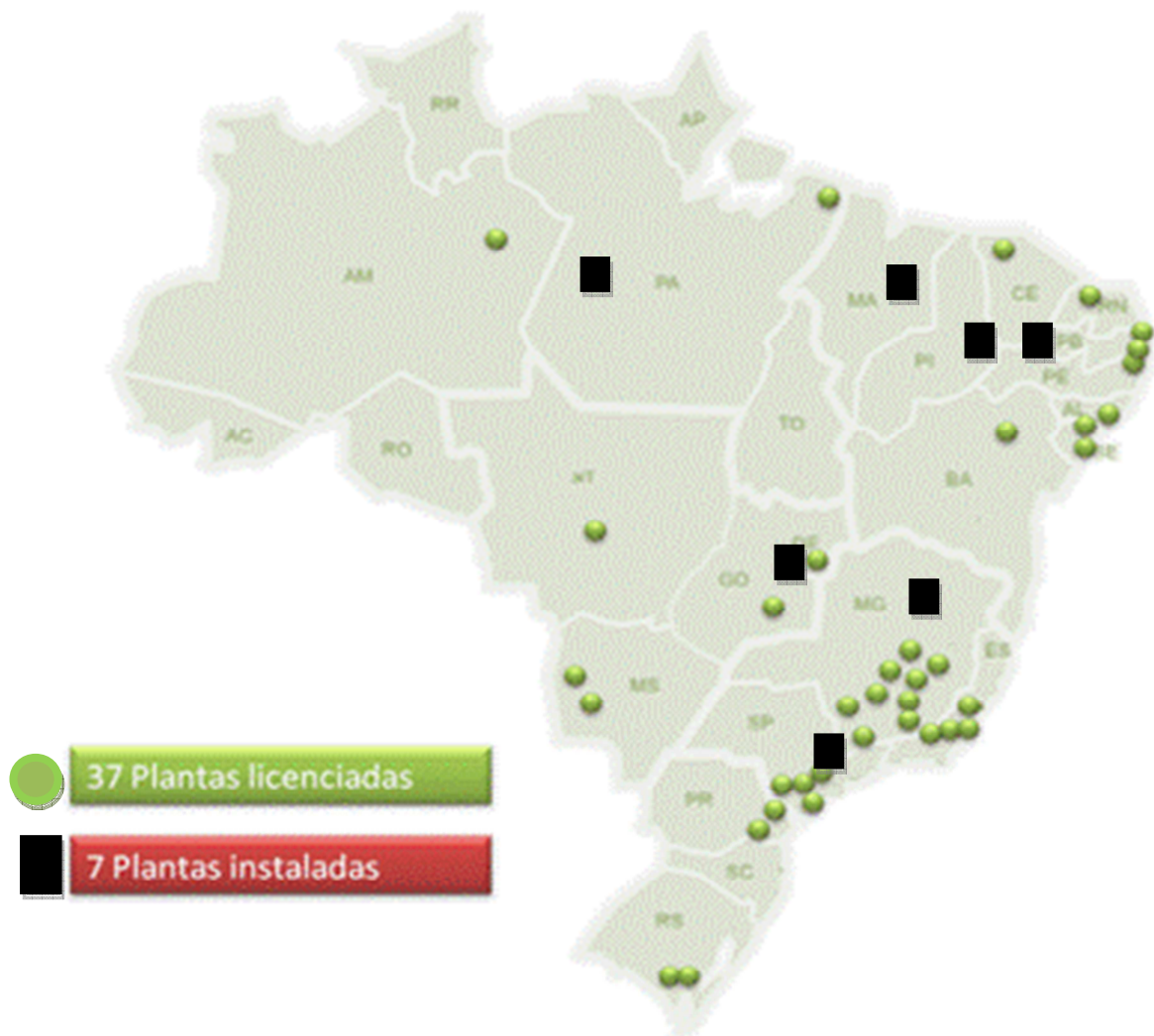


Fonte: WBCSD (2010).

Já no Brasil, conforme levantamento feito pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland – (2010), das 47 fábricas instaladas, 36 possuem licenciamento ambiental para a utilização de resíduos industriais como fonte alternativa de calor. Segundo essa instituição, existem dois estados com plantas cimenteiras licenciadas para coprocessamento na região sul do Brasil. No Paraná, existem duas unidades, uma do Grupo Votorantim e outra do Itambé; já no Rio Grande do Sul, há apenas a planta da Cimpor, que é objeto deste estudo. Voltando aos dados do WBCSD (2010), em 2009, apesar de não estar na figura 13, o Brasil já contava com a utilização de combustíveis alternativos na ordem de 22,5%.

A Figura 14 apresenta, os círculos representam a localização das fábricas de cimento brasileiras já licenciadas para utilizar algum combustível alternativo. Os quadrados representam as plantas de coprocessamento de resíduos industriais também já existentes no Brasil. Essas unidades recebem os resíduos e os encaminham para a fábrica de cimento mais próxima de sua região.

**Figura 14 – Mapa das unidades de cimento licenciadas.**



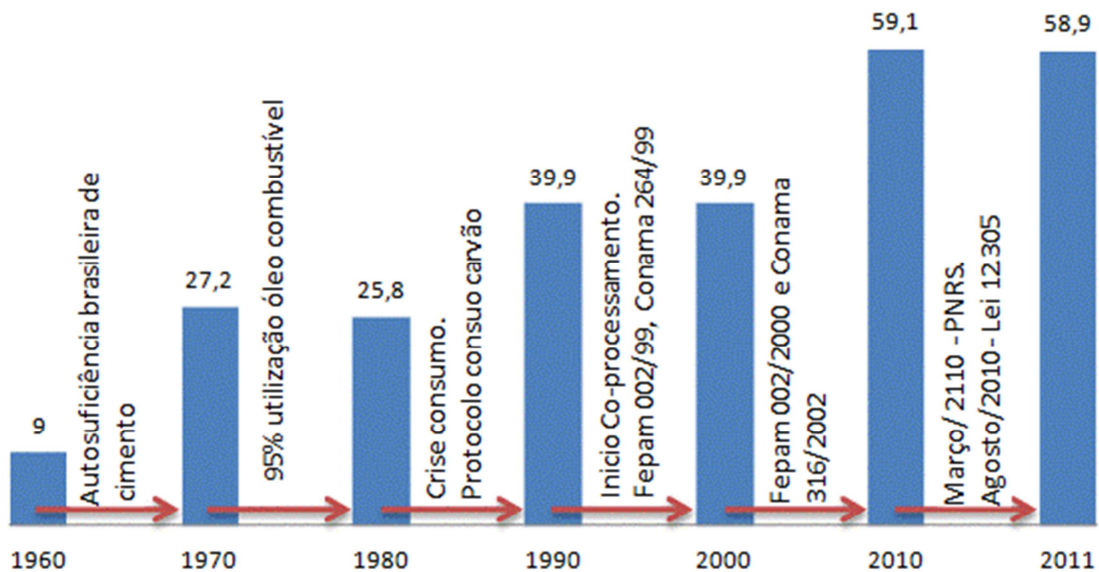
Fonte: ABCP (2010).

Após analisar os dados históricos do mercado de cimento, bem como o consumo dos combustíveis pelas indústrias, o grupo focado desenvolveu a Figura 15, que é capaz de representar o movimento feito pela indústria, bem como os investimentos das instituições que



regulamentam as ações com reflexo no meio ambiente, apresentando, assim, a evolução histórica do uso de combustíveis na indústria cimenteira, bem como os volumes de vendas.

Figura 15 – Evolução do cenário do cimento brasileiro



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos dados acima, pôde-se notar que até a década de 1970 a matriz energética das cimenteiras é marcada pelo alto consumo de óleos combustíveis. Segundo o MME – Ministério de Minas e Energia (2008), nesse período, a indústria brasileira de cimento aumentou sua produção de 9,0 milhões para 27,2 milhões de t/ano. Já a década de 1980 foi marcada por uma forte crise, quando o mercado recuou para 25,8 milhões de t/ano. Nesse cenário, conforme Santi e Sevá (1999), as indústrias cimenteiras buscaram a redução de custos e o aumento de eficiência de produção. Aliado a isso, o custo do óleo combustível cresceu três vezes, fazendo com que o SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – desenvolvesse um plano de substituição do óleo combustível. Esse plano previa a substituição de 95% desse insumo na produção de cimento. Essa meta foi atingida já no ano de 1985. Os anos 90 foram marcados pelo início dos projetos de coprocessamento, o que fez com que os órgãos legisladores criassem as resoluções que desde então têm norteado os procedimentos sobre o uso de resíduos industriais como combustíveis. Assim, no âmbito estadual, a FEPAM lançou a resolução 002/99, que trata da criação da câmara técnica para tratar da elaboração de

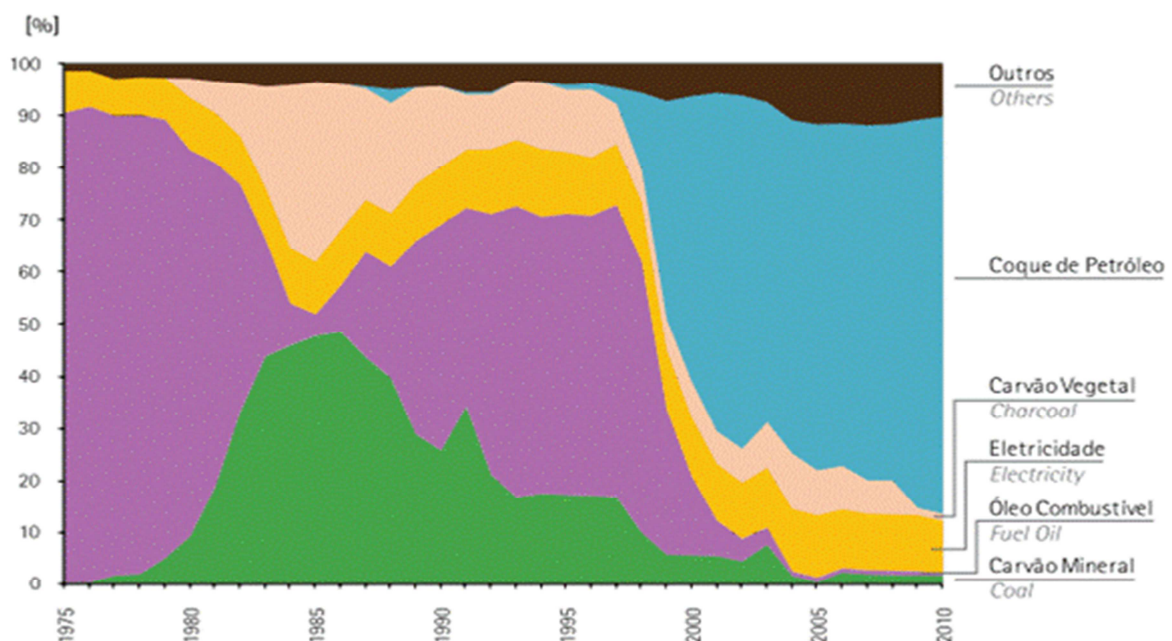
normas técnicas e procedimentos de incineração e coprocessamento. Por sua vez, o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – fez uso da portaria 264, que trata de procedimentos e os critérios específicos da co-incineração. Por sua vez, o mercado cimenteiro, saindo da crise de consumo, passou a produzir 39,9 milhões de t/ano.

Entre os anos de 2000 e 2010, A FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – fez mais pressão sobre as industriais gaúchas e lançou a resolução 002/2000, que normaliza o licenciamento ambiental para coprocessamento. Já o CONAMA, no ano de 2002, emitiu a resolução 316/2002, que registra como deve ser o funcionamento e o tratamento de resíduos industriais. Economicamente, o mercado cimenteiro continuou com o mesmo desempenho registrado na década de 90.

Por fim, no de 2010, o mercado cimenteiro registrou um salto na produção de cimento, atingindo a histórica marca de 59,1 milhões de toneladas. No mês de março de 2010, o Congresso Nacional legislou sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, chancelada pela Presidência da República com a lei 12.305, de 12 de agosto do referido ano.

Essa evolução do consumo energético na indústria cimenteira pode ser analisada na Figura 16, ficando evidente a migração da fonte energética ao longo dos anos, até que se chegue em 2010, onde a base é, principalmente, o coque de petróleo.

**Figura 16 – Estrutura energética do setor cimento**



Fonte: MME (2010).

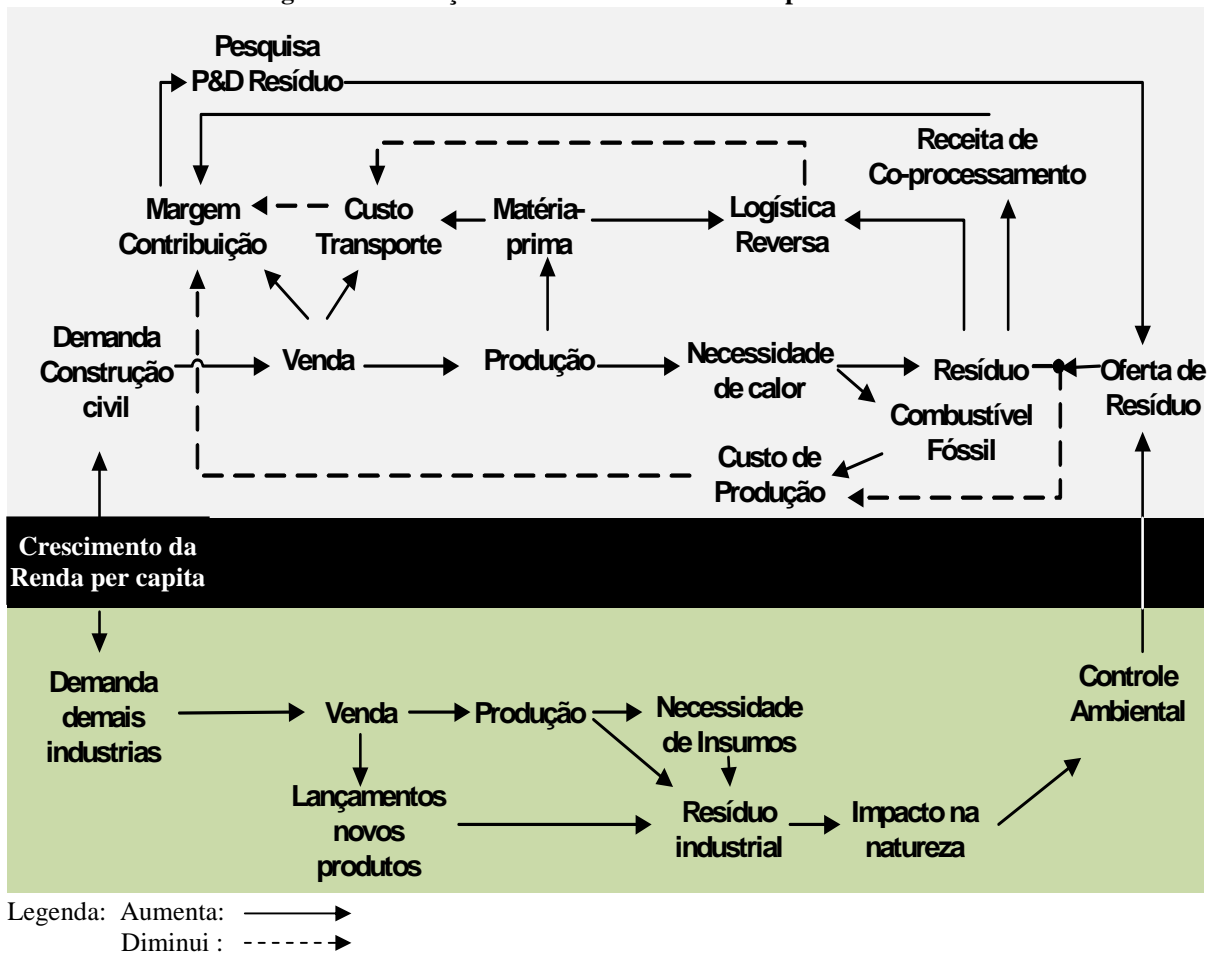
#### 4.4 O CASO: DIAGNÓSTICO

Por questões de ordem, a fase de diagnóstico tem como ponto de partida a Proamb, pois, ao longo desta pesquisa, foi possível identificar que essa empresa preocupa-se em desenvolver uma sistemática que seja capaz de atender à nova demanda de seus clientes pelo serviço de coprocessamento, o que a motivou a desenvolver a primeira planta de coprocessamento no estado do Rio Grande do Sul. Após análise dos relatos dos participantes do grupo de trabalho, identificou-se que, depois de algumas pesquisas de mercado, a Proamb encontrou a Ecoprocessa, que, além de oferecer o suporte técnico para o desenvolvimento do projeto, conduziu as negociações com a Cimpor para que esta fosse a principal consumidora do produto produzido pela planta de coprocessamento. O grupo focado identificou que a consolidação dessa parceria foi primordial para a consolidação de todo esse processo. Com o objetivo de tornar compreensível o diagnóstico, a partir deste momento, estrutura-se o problema, bem como os seus desdobramentos.

##### 4.4.1 Estruturação do problema

Para que se entenda o problema de pesquisa, os principais elementos intervenientes foram organizados e estruturados segundo relações de influência na cadeia de coprocessamento. A Figura 17 apresenta essas influências.

Figura 17 – Relação entre os constructos do coprocessamento



A partir do crescimento da renda per capita é possível aumentar o poder de compra de uma determinada população que, por sua vez, se identifica em dois grandes movimentos: o aquecimento do mercado da construção civil; o aumento da demanda das demais industriais. Quanto mais demanda existir na construção civil, maiores serão as vendas de cimento e, logicamente, maior será o volume de produção, bem como a necessidade de calor para os fornos. Como só existem duas fontes de combustíveis, quanto maior for a oferta de resíduos, menor será o volume de combustíveis fósseis consumidos.

A demanda por resíduo será atendida a medida que a centelha inicial aumenta o consumo nas demais indústrias, estimulando suas vendas e produções, fazendo com que essas empresas enviem mais resíduos industriais para o coprocessamento.

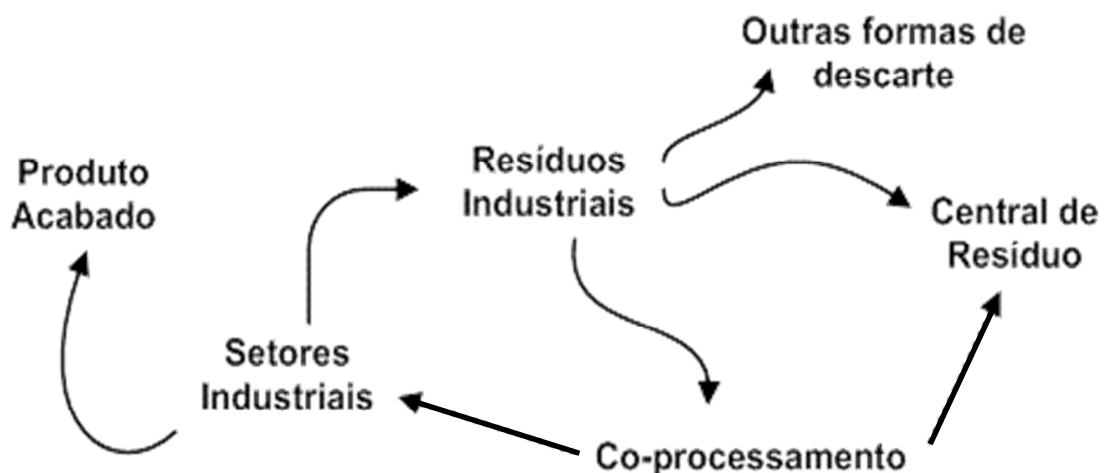
Por fim, quanto mais resíduo a indústria cimenteira consumir, maiores serão suas margens de contribuição, pois terão substituído combustíveis fósseis, que são caros, por resíduos coprocessados. Além disso, quanto maior for o consumo de resíduo, maiores serão as oportunidades de uso da logística reversa, reduzindo, assim, o custo com transporte.

É possível observar o reforço deste enlace a medida que a indústria cimenteira aumenta sua margem de contribuição e disponibiliza mais recursos em pesquisa e desenvolvimento de novos resíduos, garantindo que suas necessidades de calor sejam atendidas, na sua maioria, por resíduos industriais. Uma vez apresentado o mercado, bem como suas forças motivadoras, cabe agora o detalhamento da planta de industrialização do coprocessamento, bem como do processo de coprocessamento.

#### 4.4.2 A planta e o processo de coprocessamento

O processo de coprocessamento consiste na utilização de resíduos industriais de uma determinada indústria como insumo produtivo ou energético em outra. O produto acabado mais os resíduos industriais são resultantes do processo industrial inicial. Os resíduos industriais podem ter três diferentes destinos: (i) coprocessamento direto, sem necessidade de tratamento do resíduo antes da sua utilização; (ii) central de resíduos, onde os resíduos serão devidamente tratados e misturados (*blendados*) a outros, formando um produto final, segundo as especificações técnicas da empresa consumidora; e (iii) outras formas de descarte, tais como aterro sanitário, incineração, incorporação no solo ou reciclagem. A Figura 18 organiza esses destinos.

Figura 18 – Processo de coprocessamento



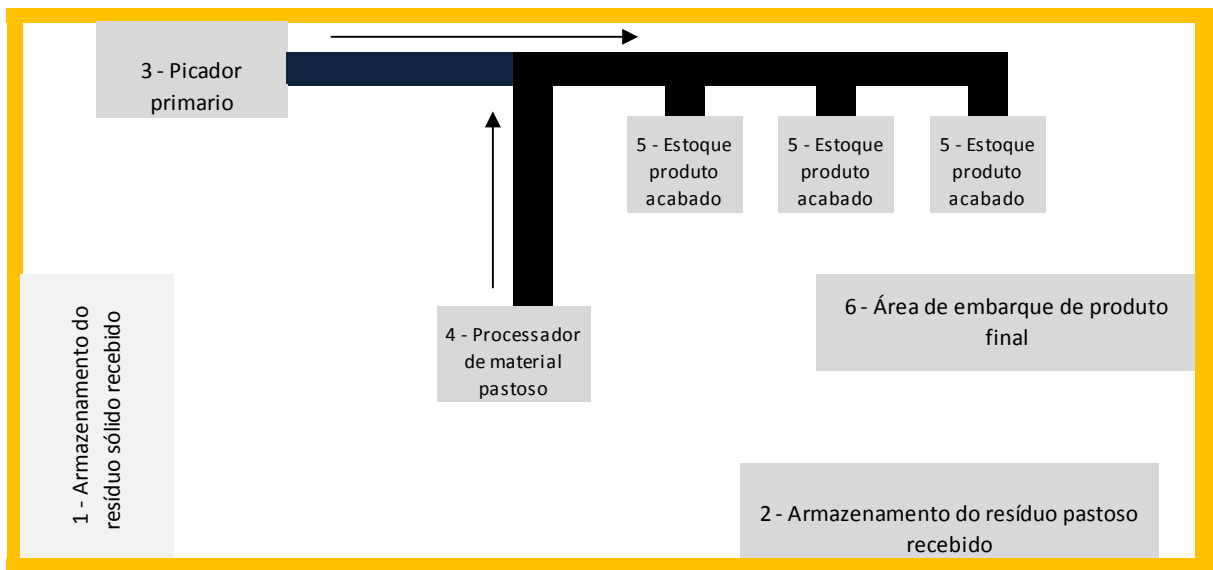
Fonte: Elaborado pelo autor.

A central de resíduo, base deste caso, é de propriedade da ProAmb – Fundação Pró-Ambiente, com sede no município de Pinto Bandeira, no estado do Rio Grande do Sul. Com capacidade inicial de processamento de cerca de mil toneladas de resíduos/mês, recebe, principalmente, material sólido e, em menor escala, material pastoso. Um dos desafios da planta são os estoques de produto em processamento. Como forma de reduzir o risco de acidente, a planta foi desenhada para ter em estoque apenas 3 lotes de produto acabado, de 400 toneladas cada. Já o estoque de produto que aguarda processamento é, em média, 800 toneladas.

Os lotes de produto acabado foram divididos em três grupos: em processamento, em análise ou liberado. O produto em processamento é aquele que se encontra no final da linha de produção, e que está sendo trabalhado. O produto em análise é aquele que já foi processado, mas aguarda laudo físico-químico de suas características. Por fim, depois de aprovado pelo setor de qualidade, o produto é transferido para despacho com o nome de “liberado”. Caso não atinja os padrões esperados, o lote será reprocessado e formará um novo lote em processamento, seguindo o fluxo descrito.

A planta de coprocessamento é composta por seis áreas básicas, apresentadas na Figura 19.

**Figura 19 – Planta baixa resumida ProAmb**



Fonte: Proamb (2011).

A planta de coprocessamento está estruturada em:

1. Armazenamento de resíduo sólido: todo o material, depois de recebido e analisado, aguardará pelo seu processamento nesta área.
2. Armazenamento de resíduo pastoso: igual ao item anterior no seu papel, mas diferente na sua concepção; esta área deve ser capaz de conter pequenos fluxos de líquidos.
3. Picador primário: todo o material sólido recebido será devidamente picado, para ser processado, misturado, segregado de material metálico.
4. Processador de material pastoso: como não haverá expedição de material completamente pastoso, faz-se necessário a mistura deste com o material sólido triturado. Esta ação acontecerá nesta área.
5. Estoques de produto acabado: já devidamente apresentado, o material acabado aguardará nesta área por sua liberação para embarque.
6. Área de expedição de produto acabado: como forma de facilitar o processo de expedição, os caminhões aguardarão dentro do galpão o completo embarque de todo o lote liberado.

Como as áreas de armazenamento são restritas, o processo de abastecimento da unidade deve ser capaz de trazer o produto certo, no momento mais correto possível. Se a

unidade processar somente resíduos de baixo poder calorífico, o produto final estará abaixo das especificações do consumidor. Por outra sorte, se processar apenas resíduos de alto poder calorífico, a unidade estará desperdiçando material nobre, que poderia ajudar a utilizar materiais mais pobres. Em relação à cadeia de abastecimento, esta deverá programar os recebimentos na unidade conforme a disponibilidade de cada fornecedor, bem como o poder calorífico e o estado físico (sólido ou pastoso) do resíduo disponível.

É importante ressaltar que o mercado fornecedor de resíduos deve ser permanentemente estudado, para que se possa fazer o melhor aproveitamento das ofertas e explorar possíveis sinergias logísticas.

#### **4.4.3 O processo logístico dos resíduos**

Ao analisar os fatores que podem ser considerados mais críticos ao processo logístico dos resíduos industriais, o grupo de pesquisa identificou que as duas transferências de mercadorias são as que merecem maior atenção. A primeira se refere à chegada do produto na unidade de *blendagem*, originada no ponto gerador. A segunda é a transferência do produto final até a unidade consumidora.

Por se considerar as restrições de infraestrutura, distâncias e acessos, foram descartados os modais de transportes aéreo, fluvial e dutoviário. O projeto trabalhou apenas com os modais ferroviário e rodoviário, que, por sua vez, foram divididos em fechado ou fracionado. Considera-se modal rodoviário fechado aquele em que a carga transportadora é composta por um único lote, ou seja, uma origem e um destino. Já o modal rodoviário fracionado é formado por vários lotes, os quais estão distribuídos em vários pontos de origem, fazendo com que o veículo tenha a necessidade de realizar várias coletas.

Para que se tenha noção dos impactos das variáveis logísticas no processo de transferência dos três modais de transportes analisados, a Tabela 12 foi desenvolvida. As análises foram feitas por parte do grupo de trabalho, formado apenas pelos especialistas das empresas na área de transporte, onde foram atribuídas notas de 1 a 3, sendo 1 para o melhor, 3 para o pior, e 2 para a escolha intermediária. Apesar do item 'licenciamento' ser igual a todos, este encontra-se listado devido à sua importância. O grupo admite que o melhor modal a ser utilizado é aquele que possui a menor nota total.



Tabela 12 – Análise dos modais de transporte

Variável logística	Modal de Transporte		
	Ferroviário	Rodoviário Fechado	Rodoviário Fracionado
Disponibilidade de contratação	3	1	2
Custo do frete	1	2	3
Custo de armazenagem	3	2	1
Flexibilidade de carga	3	2	1
Velocidade Entrega	3	3	2
Tamanho do lote de transferência	3	2	1
Licenciamento Ambiental	Igual	Igual	Igual
Risco de acidente	1	2	3
Impacto ambiental do acidente	3	2	1
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>14</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, com base nos dados analisados, teoricamente, o melhor modal de transporte a ser utilizado é o rodoviário fracionado. No outro extremo, o ferroviário é o pior. É certo que as negociações comerciais, ao longo das contratações, podem fazer com que essas variáveis mudem, refletindo em alterações no cenário analisado.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

O quarto capítulo descreveu o cenário onde está inserido este projeto de pesquisa. Após o detalhamento das empresas envolvidas, foi realizada toda uma análise do mercado de resíduos sólidos industriais no estado do Rio Grande do Sul. Através dessa análise é possível ter a dimensão da oferta, além de compreender os motivos que levaram os órgãos ambientais a pressionar o coprocessamento dos resíduos oriundos dos processos fabris.

Por fim, foi apresentado o caso de pesquisa em profundidade, cuja descrição da estrutura do problema de pesquisa faz relação entre os constructos que reforçam a sustentabilidade do mercado de coprocessamento no estado. Em seguida, foi detalhada a planta fabril, bem como os processos logísticos dos seus insumos.

O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos através da pesquisa-ação, detalhando os ciclos de intervenções realizadas, bem como as consequências deste projeto para as empresas envolvidas, fechando com a descrição do novo cenário produzido a partir deste projeto de pesquisa.

## 5 PLANEJAMENTO E AÇÃO

Thiollent (1988) divide a etapa das ações em quatro grupos. A primeira é exploratória acerca dos detalhes e elementos mais relevantes que compreendem o projeto de pesquisa. Batizado com o título de Exploração, a sessão 5.1 será a responsável por fazer os detalhamentos necessários. Em seguida, são definidos os principais objetivos a serem trabalhados, consolidando a sessão 5.2. No terceiro grupo ocorre o planejamento da pesquisa, bem como o delineamento das ações necessárias para atingir os objetivos. Assim, todas as modificações projetadas para esta pesquisa estão descritas na sessão 5.3 – Intervenções realizadas. Por fim, no quarto e último grupo, inserido na sessão 5.4 – Avaliação dos resultados –, é feita a análise dos meios utilizados e dos resultados alcançados, com o detalhamento, inclusive, das conseqüências para a Cimpor e para a ProAmb. Apesar de não ser lembrado como obrigatório, a sessão 5.5 fará o detalhamento de como ficou o novo cenário. O quadro 9 traz a apresentação dos capítulos e sessões, bem como os seus objetivos.

Quadro 9 – Desenvolvimento das ações

GRUPO	ETAPAS DO TRABALHO	TÓPICO DESENVOLVIDO	OBJETIVOS
Práticas	Análise dos processos	SESSÃO 5.1	Detalhamento necessário dos processos
	Identificar potenciais melhorias	SESSÃO 5.2	Identificar os principais objetivos
	Planejar e aplicar as mudanças	SESSÃO 5.3	Delineamento das ações
	Coletar resultados	SESSÃO 5.4	Análise dos meios utilizados e resultados alcançados
Reflexão	Analisar resultados	SESSÃO 5.5	Detalhamento do novo cenário
	Analisar as implicações para as partes.	SESSÃO 5.5.1 e 5.5.2	Reflexos dos resultados em cada parte envolvida
	Conclusões Futuros Trabalhos	CAPÍTULO 6	Serão abordados no próximo capítulo
		SESSÃO 6.2	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já quanto ao grupo de trabalho, este foi formado pelo pesquisador através de:

- dois gerentes da Proamb, os quais são responsáveis pelo projeto da planta de coprocessamento;
- dois gerentes da Ecoprocessa, um responsável pela parte técnica do produto a ser produzido e outro responsável pelas relações com o mercado;
- três gerentes da Cimpor, um responsável geral pelo desempenho do produto a ser utilizado, um responsável pelo licenciamento ambiental e outro pela cadeia logística de insumos, este último responsável por este trabalho de pesquisa.

## 5.1 PRIMEIRA ETAPA: EXPLORAÇÃO

Esta etapa foi conduzida pelo grupo de trabalho em reuniões que ocorreram no escritório da Proamb, nas instalações da Cimpor, no escritório Central de São Paulo, na unidade de Nova Santa Rita e em Porto Alegre (Workshop), e na Unisinos. Todas foram mediadas pelo pesquisador. Seus objetivos e resultados estão resumidos no Quadro 10.

Quadro 10 – Resumo das reuniões

#	Objetivo	Resultado
001/2010	Apresentação do Projeto, discussão de aspectos logísticos e custos de transporte até Candiota.	Cimpor e ProAmb buscarão a integração dos fluxos logísticos, como forma de redução de custo.
002/2010	Apresentação e discussão sobre as possíveis áreas para localização da planta.	Diretoria da ProAmb analisará com mais detalhes os municípios de Caçapava e Nova Santa Rita.
003/2010	Definição da área para localização da planta.	Definida que a planta será em Nova Santa Rita/RS.
004/2010	Delineamento da área para localização da planta.	Definido área próxima à Rodovia.
005/2010	Verificação das áreas em NSR e reunião com Topógrafo.	Despesas do processo de desmembramento serão da Proamb.
001/2011	Visita à cidade de Cachoeira (nova área) e Candiota .	Definidas condições de chegada do <i>Blend</i> em Candiota.
002/2011	Marcação da área em NSR .	Escolhida a área ‘opção 01’ dos desenhos apresentados.
003/2011	Apresentação da Proamb – Bento Gonçalves.	Primeira pesquisa de dados e Recebimento de autorização formal do projeto de pesquisa.
004/2011	Detalhamento do contrato .	Definição do modelo de contrato e aprovação da área jurídica Cimpor.
005/2011	Workshop – Porto Alegre .	Estratégias comerciais, definição processo logístico
006/2011	Visita da FEPAM .	Linhas gerais do processo de licenciamento .
007/2011	Processo Logístico.	Plano de emergência – sinistro e análise dos resíduos de Triunfo/RS.
008/2011	Transporte de resíduo e ações comerciais.	Separar transporte do serviço de coprocessamento, Gestão será da ProAmb e Transporte Dedicado.
009/2011	Empresas Transportadoras.	Duas empresas interessadas em participar do projeto.
010/2011	Cotações de transporte.	Análise dos valores apresentados pelas empresas transportadoras.
001/2012	Empresa Transportadora	Mais uma empresa interessada em participar do projeto.
002/2012	Reunião com Vereadores Nova Sta Rita.	Apresentação do projeto Proamb.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A compreensão dos principais motivadores do projeto de pesquisa marca o fim desta etapa. Conclui-se que a principal contribuição para o próximo passo é a identificação dos itens que são mais importantes para a viabilidade do projeto, apontados pela equipe de trabalho e pelo pesquisador: potencial mercado fornecedor de resíduos sólidos; e principais fornecedores de serviços logísticos capacitados para a movimentação desses resíduos.

## 5.2 SEGUNDA ETAPA: DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

As principais ações do grupo de trabalho nesta etapa da pesquisa foram a intensificação da coleta de dados e o início das discussões para o estabelecimento dos objetivos. Para isso, foi necessário estudar o mercado fornecedor de resíduos no Rio Grande do Sul (RS), os fornecedores de serviços logísticos, o desenho do processo de coleta e a definição tomada sobre transportes e transportadores.

### 5.2.1 O mercado fornecedor de resíduos no RS

Para melhor identificar o mercado fornecedor de resíduos do estado do Rio Grande do Sul, foi realizada uma pesquisa, usando recursos internos e entrevistas pessoais, com 84 empresas já licenciadas para enviar resíduos para o coprocessamento. Chegou-se a um total gerado de 3.500 toneladas por mês de insumos passíveis de utilização. Após análise das características desse montante, identificou-se que apenas 1.242 toneladas podem ser utilizadas como potenciais substitutos de combustíveis em fornos de *clinker*.

Cabe ressaltar que neste número estão inclusos os volumes que são gerados mensalmente, ou seja, os passivos, que, apesar de possuírem plenas condições de uso, não oferecem segurança de continuidade.

Esse volume está concentrado em 52 empresas de várias indústrias e é gerado em 11 cidades. A parcela de 85% do resíduo gerado concentra-se em 14 empresas e 5 cidades. A Tabela 13 apresenta a distribuição de resíduo gerado por cidade, e a Tabela 14 apresenta a distribuição de resíduo gerado por região geográfica, por tonelada (t).

Observa-se nos quadros a seguir que a concentração na região metropolitana contribui positivamente para o processo logístico, principalmente para a tarefa de coleta dos resíduos nas empresas, pois reduz as variáveis de trânsito, aumenta a escala da operação e reduz riscos de sinistros.

Tabela 13 – Distribuição dos resíduos por cidade

CIDADE	Oferta (t)
Gravataí	350,8
Triunfo	330,6
Cachoeirinha	160,0
Alvorada	120,0
Canoas	102,2
Caxias do Sul	97,2
Horizontina	47,0
Rio Grande	16,0
Porto Alegre	13,2
Santa Rosa	3,0
Charqueadas	2,5
<b>Total Geral</b>	<b>1.242,5</b>

Fonte: Proamb (2011).

Tabela 14 – Distribuição dos resíduos por região geográfica

REGIÃO GEOGRAFICA	Oferta (t)
Metrop DeltaJacui	974,6
Vale dos Sinos	102,2
Serra	97,2
Front Oeste	50,0
Sul	16,0
Centro Sul	2,5
<b>Total Geral</b>	<b>1.242,5</b>

Fonte: Proamb (2011).

### 5.2.2 Os fornecedores de serviços logísticos

Nesta etapa, foi necessário, ao grupo de trabalho, um aprofundamento na busca do conhecimento das variáveis que envolvem a contratação de serviços logísticos, pois, inicialmente, acreditava-se que essa tarefa poderia ser feita com qualquer empresa, ou até mesmo com pessoa física que possuísse caminhão e disponibilidade para o transporte. Ao longo da oitava reunião, realizada em 2011, chegou-se à conclusão de que seria necessário o aprofundamento das pesquisas sobre o assunto.

Assim, o grupo de pesquisa identificou que o transporte rodoviário de carga opera basicamente sob duas leis: a lei 10.233/2001, que dispõe sobre a reestruturação dos

transportes; e a lei 6.813/1980, que regulamenta a livre concorrência. As empresas exploram o serviço, competindo entre si; há empresas que realizam o seu próprio transporte e aquelas que realizam o transporte com motoristas autônomos. Essas classes de transporte são regulamentadas pela ANTT (2012), classificando os fornecedores de serviço de transporte em:

- ETC – Empresa de Transporte de Carga (independente do modal);
- TCP – Transportador de Carga Própria (geralmente modal rodoviário); e
- TCA – Transportador de Carga Autônomo (exclusivamente rodoviário).

#### 5.2.2.1 Transporte Rodoviário

Com base nessas considerações, agregadas às análises feitas pela equipe de trabalho do projeto, identificaram-se 12 potenciais transportadores, sendo 07 ETC - Empresas Transportadoras – e 05 TCA – Transportadores Autônomos –, os quais compõem os transportadores potenciais da planta de coprocessamento.

Os critérios utilizados pelo grupo para a escolha dos ETC foram: a) tempo de experiência do transportador; b) imagem no mercado e grau de recomendação; c) número de veículos próprios; d) certificações adquiridas; e) número de incidentes e/ou multas registradas junta à FEPAM; e f) resumo da visita técnica e parecer da equipe.

Como a estrutura dos TCA é mais simples, o critério de seleção foi feito com base nos seguintes itens: a) tempo de trabalho junto a Cimpor; b) número de incidentes registrados; c) qualidade da frota utilizada; d) potencial de investimento; e e) resumo da análise da equipe de entrevistas.

Como já analisado no processo de coleta, abordado anteriormente, o tipo de frota escolhido é conhecido como *Roll-on/Roll-off*, detalhado na Figura 20, devido a sua versatilidade e agilidade de carga e descarga.



**Figura 20 – Caminhão transporte de resíduo.**



Fonte: Monteiro, et al (2001).

Cabe lembrar que as dimensões deste tipo de veículo podem variar conforme a demanda de resíduos e/ou caçambas a serem transportadas.

As caçambas de armazenamento poderão ter diversas dimensões, mas estarão divididas em: 1) CAÇAMBA POLIGUINDASTE: com volume cúbico variando entre 3 e 7 m<sup>3</sup>; 2) CAÇAMBA INTERCAMBEÁVEIS: por serem maiores, sua capacidade cúbica varia entre 15 e 30 m<sup>3</sup>.

Operacionalmente, a principal vantagem deste tipo de implemento é que podem ficar armazenadas nas plantas dos geradores, sendo coletadas apenas quando estiverem completamente carregadas, ou quando necessário, garantindo maior produtividade ao veículo transportador. A Figura 21 detalha as caçambas.

**Figura 21 – Caçamba para transporte de resíduo.**



Fonte: Monteiro, et al, (2003).

Apesar da Proamb já possuir conhecimento e experiência na contratação de serviço logístico de resíduos, o grupo de trabalho achou por bem agregar a esta pesquisa o conhecimento de Perrotta (2007), que marca que a operação de coleta de resíduos nasce no ponto de partida (garagem ou planta de coprocessamento), onde o caminhão deve sair com as caçambas intercambiáveis vazias, que serão trocadas por cheias em cada ponto gerador, retornando para a planta de coprocessamento quando terminar todas as coletas programadas.

#### 5.2.2.2 Ferroviário


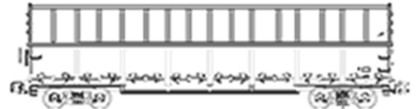
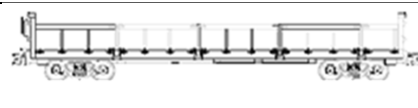
Como apenas a Cimpor possui experiência na contratação de serviço logístico ferroviário, mais uma vez o grupo de trabalho debruçou seus esforços nas pesquisas sobre este modal. Assim, analisou-se a pesquisa feita por Leal (2010) em sete empresas do ramo de transporte ferroviário (ALL, EFC, EFVM, FCA, FERROESTE, FTC, FNS, MRS e TNL) e foi constatado que todas transportavam baixos volumes de produtos perigosos. Esse volume não chega a 4% do total transportado e concentram-se em combustíveis, derivados de petróleo e álcool, adubos e fertilizantes.

Já a ANTF (2012) ressalta que a região sul, onde se centraliza este projeto de

pesquisa, é atendida exclusivamente pela empresa ALL – América Latina Logística, empresa fruto do processo de privatização da malha Sul, com 6.586 km de extensão. Essa malha teve um rápido crescimento desde o ano de 1997. A partir da limitação de número de empresas a serem analisadas e escolhidas, pouca ação houve por parte do grupo de trabalho quanto à seleção da empresa. De outra sorte, muito foi analisado quanto ao tipo de vagão a ser utilizado.

Da gama de vagões disponibilizados pela empresa de transporte ferroviário, o grupo de trabalho identificou que os produtos perigosos podem ser carregados através de vagões do tipo Gôndola, todos apresentados na Tabela 15, a seguir.

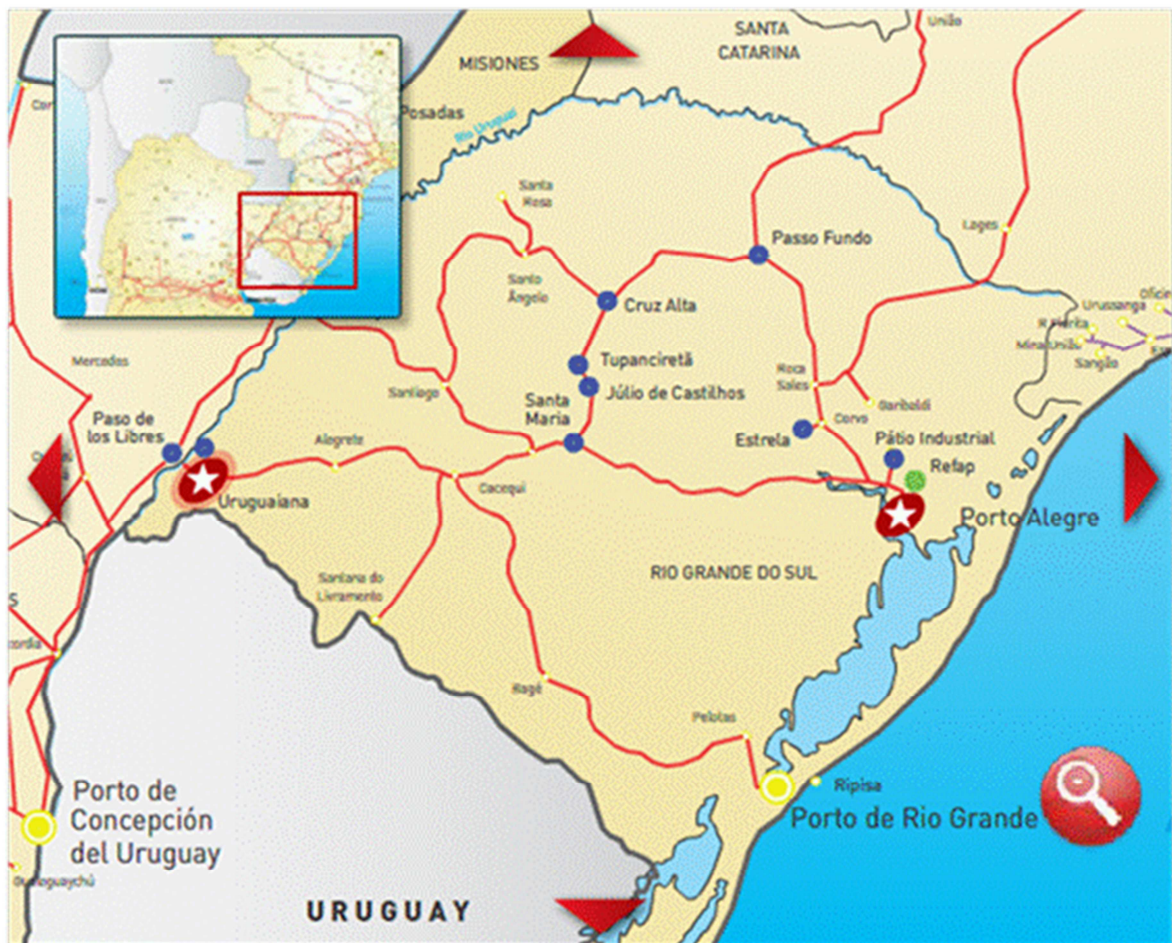
Tabela 15 – Tipos de vagão para transporte de resíduo.

<b>TIPO DE VAGÃO</b>	<b>CAPACIDADE CARGA</b>	<b>IMAGEM</b>
GFD	60 m <sup>3</sup>	
GLD	35,5 m <sup>3</sup>	
GTD	35,5 m <sup>3</sup>	

Fonte: ALL (2012).

Se por um lado este modal possui grande capacidade de movimentação de carga, por outro, o perfil da malha ferroviária, conforme rotas da Figura 22, não permite grande capilaridade dentro das principais cidades geradoras de resíduo, o que acaba limitando a utilização deste modal para o processo de coleta de resíduos.

**Figura 22 – Malha ferroviária no RS.**



Fonte: ALL (2012).

Após análise dos fluxos logísticos utilizados pela Cimpor, foi identificado que são transportadas mais de 10 mil toneladas mensais de *clinker*, com origem no município de Candiota e destino na cidade de Nova Santa Rita, ambas no estado do Rio Grande do Sul.

Uma vez determinadas as empresas com potência para trabalhar no projeto, prestando o serviço logístico, coube ao grupo focado estruturar o processo de coleta dos resíduos.

### 5.2.3 Desenho do Processo de Coleta

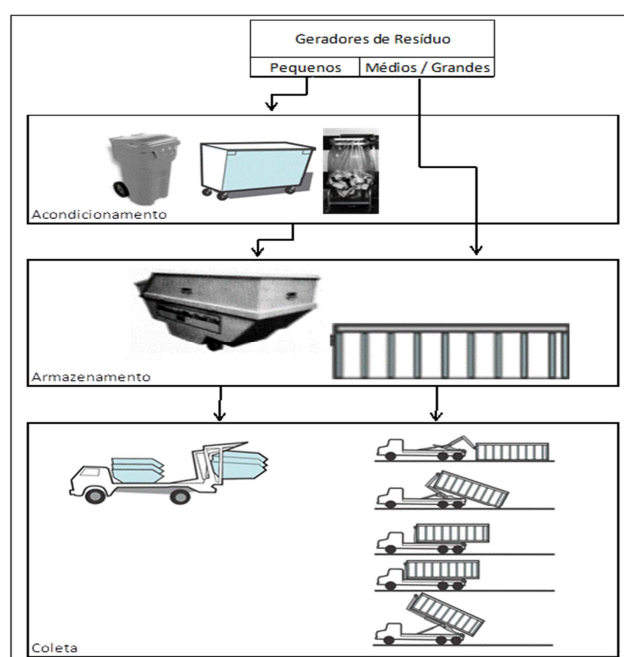
O processo de coleta foi desenhado para acontecer em 3 etapas: acondicionamento,

armazenagem e coleta. Com base nas experiências analisadas dentro da ProAmb, este processo pode obter sucesso ou fracasso nas tarefas de retirada dos resíduos, pois, se o lote de resíduo for muito pequeno, será necessária uma embalagem que seja capaz de acondicioná-lo até que seja coletado. Por outro lado, se o lote for muito grande, colocá-lo em embalagens pequenas tornará o processo improdutivo e arriscado, devendo seguir direto para o armazenamento, onde serão coletados.

A primeira etapa consiste no acondicionamento do resíduo em embalagens intermediárias, que podem variar de saco plástico a carrinhos coletores, mas sempre de propriedade do próprio do cliente, cabe a ele carregar as embalagens dentro do caminhão de coleta. Já a segunda etapa refere-se ao armazenamento, que deverá ser feito diretamente nas caçambas com capacidade entre 2 m<sup>3</sup> e 15 m<sup>3</sup>, que serão fornecidas pela Proamb, ou pela empresa contratada para o serviço de coleta.

As ações de acondicionamento ou armazenagem encontram eco na teoria sustentada por Carvalho (2001), que afirma que o correto acondicionamento evita: a) acidentes; b) impacto visual e olfativo; e c) heterogeneidade. Uma vez armazenados, os resíduos estarão aptos para o processo de coleta propriamente dito. Nesse momento, o caminhão contratado faz, primeiro, a descarga de caçambas vazias, se for necessário, e, posteriormente, o levante da caçamba cheia de resíduos. A Figura 23 ilustra todas as etapas da coleta física dos resíduos nas suas distintas fontes geradoras.

**Figura 23 – Processo de coleta do resíduo**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar as características descritas na Figura 23, bem como o perfil dos modais de transporte analisados até o momento, esse projeto de pesquisa caracterizará o processo de coleta, única e exclusivamente como rodoviário.

Cabe ressaltar que existem dois grandes processos que acontecem de forma independente, mas que a ausência de qualquer um inviabilizará todo o processo. O primeiro, que antecede a tudo isso, diz respeito à programação de coleta, que, apesar de estar diretamente inserida no processo comercial, organizará as retiradas de resíduos dos clientes. Este processo é bem simples, e será feito via telefone, diretamente com a Proamb. O segundo acontece exclusivamente no cliente, que fornece o resíduo e diz respeito ao processo e ao tratamento das informações legais (nota fiscal, laudo do produto e certificados de destinação). Conforme analisado pelo grupo de trabalho, uma falha em qualquer uma das duas dessas tarefas trará o processo de embarque do resíduo.

### 5.3 TERCEIRA ETAPA: INTERVENÇÕES REALIZADAS

Cabe a esta etapa do projeto apresentar as principais intervenções realizadas no processo logístico pesquisado. Para isso, as propostas estarão por ordem de acontecimento, até para que se possa ter a dimensão dos reflexos que cada uma causou no todo.

#### 5.3.1 Localização da planta

O primeiro grande desafio, depois da decisão de seguir com o projeto de instalação, foi o de localizar a planta no melhor local possível. Sabia-se que só depois de dar este importante passo poder-se-ia desenhar o restante do processo.

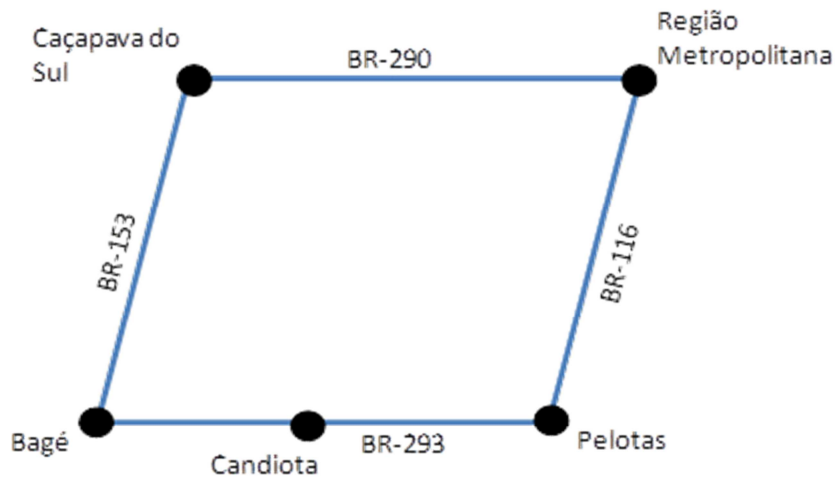
Conforme dados internos, todo o estudo inicial de viabilidade do projeto foi feito com base na cidade de Caçapava do Sul, localizada a 380 km da capital do estado, na direção Oeste.

Ao longo da segunda reunião do grupo de trabalho, deu-se início às discussões acerca da viabilidade econômica, do ponto de vista logístico. O principal pressuposto da empresa foi construído com base no fluxo simples que os materiais teriam no paralelogramo

das BRs. Essa ideia é apresentada na Figura 24, que mostra como ponto de partida a Região Metropolitana e ponto de chegada a cidade de Candiota. Assim, a planta poderia estar posicionada geograficamente em qualquer uma das cidades do trajeto das BR 290, BR 153, BR 116 ou BR 293.

Como a cidade de Caçapava do Sul localiza-se as margens da BR 290 e BR 153, e o custo de aquisição de terra mostrou-se interessante, a localidade obteve a simpatia da empresa.

**Figura 24 – Paralelogramo das BRs.**



Fonte: Proamb (2011).

Ao analisar o fluxo necessário de veículos, a disposição dos insumos, o tipo de coleta, os volumes transportados e as densidades transportadas, chegou-se à conclusão que:

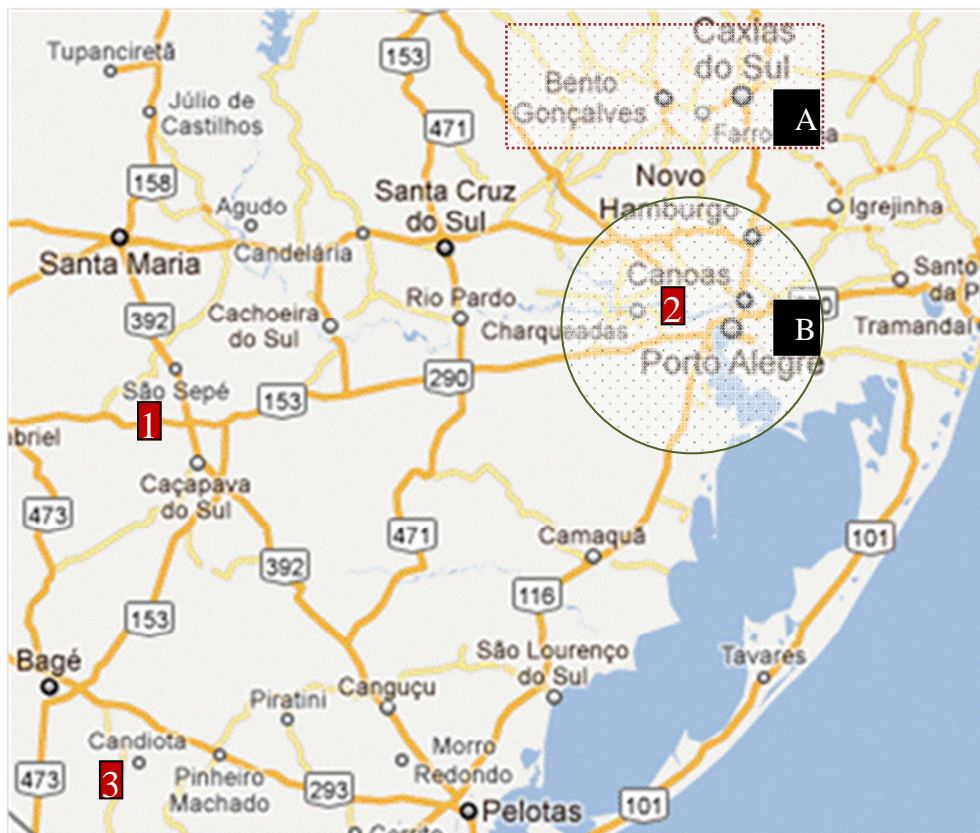
- quanto mais ágil for o processo de coleta, melhor será para o fornecedor.
- quanto menor for a distância necessária para transportar os insumos, menor deve ser o custo de frete.
- quanto maior o tempo de trânsito dos insumos, maiores serão as chances de acidentes e maior é o impacto ambiental. Isso é devido às más condições de armazenamento que, por diversas vezes, é a granel.
- o transporte do produto acabado não sofre tanta influência do frete, pois a sua densidade é maior, o que ocupa menor volume cúbico.

- a transferência de produto acabado deve ser feita em lotes de 30 toneladas. Isso faz com que se possam utilizar caminhões articulados, do tipo carreta, reduzindo o número de veículos nas estradas e o risco de acidentes.

Com base nessas variáveis, foram analisados alguns municípios localizados, tendo como primeiro critério de interesse o custo de compra da terra. Os municípios avaliados foram: Triunfo, Montenegro, Guaíba e Nova Santa Rita.

A Figura 25 apresenta a localização geográfica dos principais municípios e regiões envolvidas no projeto de análise. O quadrado 'A' apresenta a região fornecedora de resíduos denominada de Serra. Já o círculo 'B', conhecido como região metropolitana, representa a segunda região fornecedora de resíduos. O número 1 caracteriza o município de Caçapava do Sul; o número 2 identifica o município de Nova Santa Rita; e, por fim, o número 3 representa o município de Candiota, onde será consumido o produto coprocessado.

**Figura 25 – Mapa de localização**



Fonte: Modificado do Google Maps.



Com base na análise do grupo de trabalho, realizada em reunião formal, quanto à importância da planta de coprocessamento estar próxima da região metropolitana, a Cimpor decidiu realizar uma proposta de venda de uma área localizada ao lado de sua moagem de cimento na cidade de Nova Santa Rita.

A contribuição dessa decisão teve reflexo direto sobre o processo logístico que envolve os fluxos de entrada de insumos, bem como os de saída de produto acabado.

### 5.3.2 Logística dos resíduos industriais

Depois de analisar os processos já existentes na ProAmb, foi identificado que a coleta de resíduos destinados ao aterro sanitário já encontra-se consolidada e madura, contudo, pouco serve para o processo de coprocessamento. No negócio de aterro sanitário observado, existe a figura forte do transportador como o principal elo entre a empresa analisada e seus clientes. Por vezes, fica difícil distinguir de quem é a carga a ser depositada, se é do cliente, ou se é do transportador.

Relembrando o desenho do processo de coleta (Acondicionamento + Armazenamento + Coleta), visto no capítulo 5.2.2.1, é o transportador o único responsável por todas estas etapas, tanto por parte do cliente (gerador de resíduo), quanto por parte da ProAmb.

Através de entrevistas com o grupo de trabalho, pode-se identificar que este fato faz com que o transportador detenha o controle do mercado gerador de resíduos. Se por um lado este nível de serviço garante ao gerador de resíduo uma certa comodidade, pois não precisa se preocupar com a contratação do aterro, muito menos atribuir atenção a um processo que não agrega valor ao seu *'core business'*, por outro, coloca-o numa situação de risco, caso o transportador envie para um aterro sanitário, ou para qualquer outro lugar, alguma classe de resíduo que deveria, obrigatoriamente, seguir para o coprocessamento.

Assim, o principal foco dessa fase foi a estruturação ampla do processo de coleta dos resíduos nos diversos pontos geradores. O primeiro passo foi conscientizar os executivos da empresa da importância de separar o serviço de frete do processo de coleta de resíduos.

Através de reunião de análise de 'Forças e Fraquezas / Oportunidades e Ameaças' do transporte, que por motivos de confidencialidade dos dados não será apresentada, foi possível detectar as principais ameaças ao se deixar o contato com o mercado fornecedor nas mãos das

empresas transportadoras.

A partir desse segundo marco importante, questionou-se sobre a viabilidade de trabalhar com frota própria, mas, devido ao elevado valor de investimento necessário e dos níveis de controle de manutenção, o grupo de trabalho focou no uso de transportador contratado – ETC, de forma dedicada.

Para estruturar o processo de coleta, foi analisado cada tipo de resíduo e cada tipo de gerador de resíduo. O resultado desta análise foi a criação do Quadro 11, a qual mostra como deve acontecer o processo de coleta, a luz da teoria de Perrotta (2007).

Quadro 11 – Processo de coleta de resíduo

<b>TIPO DE RESÍDUO</b>	<b>ACONDICIONAMENTO</b>	<b>ARMAZENAMENTO</b>	<b>CAMINHÃO DE COLETA</b>	<b>APLICAÇÃO</b>
Classe II	Container Plástico, Saco Plástico, Container Metálico.		Sistema basculante ou carga seca.	Pequenos médios geradores
Classe II	Container Plástico Container Metálico	Caçamba intercambiáveis ou poliguindaste	Caminhão multicarga	Grandes geradores
Classe I	não usa	Caçamba intercambiáveis ou poliguindaste	Caminhão multicarga	Grandes geradores
Classe I	Container Plástico	Caçamba poliguindaste	Caminhão multicarga	Pequenos médios geradores

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para nortear a contratação do serviço de transporte de retirada dos resíduos foi elaborado o Quadro 12 – forma adaptada do original de Perrotta (2007). O seu propósito é esclarecer a frequência de retirada, o perfil das cargas, o roteiro (itinerário), bem como o volume das cargas. Tudo isso, é claro, separado pelo perfil do gerador do resíduo.

Quadro 12 – Perfil das coletas de resíduo.

CARACTERÍSTICAS	GERADORES	
	PEQUENOS	GRANDES
Frequencia	Fixa, com hora marcada e dias da semana fixos.	Flexível
Perfil da Carga	Múltiplas	Carga única (máx duas)
Viagem / Roteiro	Contínua - Milk Run	Rápida
Itinerário	Sequencia conforme localização	Conforme necessidade de produção
Volume da Carga	entre 3 e 10 m <sup>3</sup> cada	entre 20 e 39 m <sup>3</sup> .

Fonte: Adaptado Perrotta (2007).

O primeiro rascunho do projeto da planta de coprocessamento previa que o mesmo transportador que realizava o serviço de coleta nos clientes/geradores fosse capaz de realizar o transporte do produto acabado até o ponto de consumo em Candiota/RS. Contudo, após analisar o perfil das cargas formadas pelo produto final, o grupo de trabalho descartou tal opção e passou a desenhar um processo logístico exclusivo para o produto resultado do coprocessamento.

### 5.3.3 Logística do *Blend* até o ponto de consumo

De todos os tópicos analisados, esta parte do processo é a que mais sofreu influência da teoria sobre a logística reversa, lembrando que os estudos de Maravieski et al, (2008), Pedrosa (2008) e Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), apud Lacerda (2003, p. 480) foram basilares para o desenho logístico do *blend* até o ponto de consumo.

A logística do novo produto acabado, conforme observado anteriormente, tinha sido planejada para acontecer de forma rodoviária e dedicada, ou seja, o fluxo de transporte contaria com um número 'x' de caminhões dedicados, realizando o transporte entre a planta de resíduo e o ponto de consumo. Os principais objetivos a serem ultrapassados neste processo eram:

- a) Controle da jornada de trabalho da equipe de transporte:
  - em trânsito: a distância entre os dois pontos são 440 km. Considerando uma

velocidade média de 60 km/h, são 7 horas dirigindo.

- distância é grande, logo a equipe deve pernoitar no município de Candiota.

b) Cadência de recebimento:

- Como o consumo médio na planta de Candiota é de 33 toneladas/dia, e o produto movimentado não pode ficar exposto a chuva, deveria ser investido em galpões, ou a cadência de chegada deveria ser de 1 caminhão (30 t) por dia.

c) Controle do produto que está sendo consumido em Candiota:

- O processo de coprocessamento só encerra quando, depois de utilizado o produto no forno de *clinker*, a Cimpor emitir um certificado de queima. Para isso, é preciso contar com um controle do lote utilizado, para que se identifique o gerador ou os geradores dos resíduos utilizados no *blend*.

d) Custo do produto entregue:

- Todo o processo de coprocessamento só se torna viável, para quem consome, se o custo do produto for igual ou menor que o custo do principal combustível utilizado.

Com base nessas premissas, foram estudados os fluxos de insumos e produtos acabados da Cimpor, bem como as possibilidades de sinergia de fluxos. Foi possível constatar que, apesar de ser uma indústria produtora de grandes massas, os volumes de entrada na unidade de Candiota não são tão significativos, mas, mesmo assim concorrem com o fluxo do coprocessamento, ou seja, ambos possuem o sentido Norte-Sul do estado. Já os fluxos de saída de produtos acabados não chegam até a região metropolitana. Entretanto, conforme apresentado no capítulo 4.1.1, a unidade de moagem, localizada em Nova Santa Rita recebe da unidade produtora, de Candiota, a transferência de *clinker*. Em média, mensalmente entram na unidade localizada na região metropolitana 30 mil toneladas desta matéria-prima. O transporte em barcaças fluviais é responsável por 50% do volume, duas mil toneladas são feitas por via rodoviária, e aproximadamente 10 a 15 mil toneladas por via ferroviária.

Excluindo o rodoviário, já analisado, o modal fluvial torna-se impraticável devido ao tamanho do lote necessário para transporte. Um conjunto de barcaças possui capacidade de carga de 4.500 ton. Tendo a unidade de coprocessamento capacidade inicial de 1 a 1,3 mil ton/mês, o pulmão de estocagem para transporte seria muito grande, o que potencializaria o risco de incidentes. Foi o modal ferroviário que se mostrou mais aderente às necessidades do

projeto, pois atende aos 04 objetivos já listados. Lembrando que por se tratar de transporte regular, a própria empresa ferroviária cuida da jornada dos maquinistas.

Conforme dados analisados, a cadência de embarque na cidade de Candiota é diária, quando muito a cada dois dias, isso faz com que a necessidade de produto armazenado para consumo seja baixa. Todo o produto transportado é identificado pelo número do vagão em que foi embarcado, assim é mantido o controle do produto utilizado, e, por fim, o custo do fluxo reverso mostrou-se mais competitivo que o valor cotado via rodoviário, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Resumo dos custos de transporte do Blend.

Serviços	R\$/ton	
	Rodoviário	Ferroviário
Carga	-	18,67
Transporte	160,00	61,33
Descarga	-	18,67
Transbordo	-	18,67
<b>Total</b>	<b>160,00</b>	<b>117,33</b>
	Diferença	<b>-27%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se notar, o modal ferroviário necessita de serviços de que o rodoviário não necessita. Para este último, basta o embarque do produto na planta de coprocessamento e a descarga na cidade de Candiota. Já no primeiro, é necessária uma primeira tarefa, chamada de CARGA, que compreende um transporte rodoviário entre a unidade de coprocessamento e a estação de embarque, bem como o carregamento do produto nos vagões. O serviço de transporte é igual para ambos os modais.

Uma vez na cidade de Candiota, os produtos precisam ser descarregados dos vagões e carregados em caminhões. Essa operação é chamada de TRANSBORDO. Como a estação ferroviária está localizada a 20 km da unidade da Cimpor em Candiota, é necessário que um caminhão leve este produto até o ponto de consumo. Lembrando que as tarefas de carga na Proamb e de descarga na Cimpor são de responsabilidade de cada empresa. Mesmo com todo esse trabalho, o projeto obteve uma economia financeira direta de 27% dos custos com o

transporte do produto acabado, mas não são apenas os ganhos financeiros que justificam as aprovações e as liberações de projetos de coprocessamento aos olhos das entidades fiscalizadoras.

Durante apresentação feita pelo grupo de trabalho junto a FEPAM, a única preocupação foi quanto ao processo de limpeza do vagão. Para eliminar este tipo de barreira, foi necessário mais uma intervenção no projeto: o desenvolvimento de uma embalagem capaz de acondicionar o produto final, sem que seja necessário o uso de água para limpá-la.

#### **5.3.4 Uso de embalagens para o transporte do produto final.**

A respeito de transporte de resíduo industrial, Pedrosa (2008) discute que uma das preocupações é o impacto dessa atividade no meio ambiente, que pode ocorrer sob várias formas, inclusive sob o foco da ecoeficiência, que, apesar de não fazer parte deste trabalho, tem tomado corpo junto aos projetos de pesquisa na área.

Comumente são analisados os impactos diretos, aqueles frutos da movimentação, armazenagem ou acondicionamento. A última intervenção no projeto de pesquisa foi sobre o acondicionamento do produto acabado. Anteriormente, os lotes de *blend* aguardariam sua expedição sem embalagem alguma e seriam transportados até Candiota a granel.

Segundo os estudos preliminares da ProAmb, o produto resultante do *blend* dos resíduos é sólido e seco. Contudo, pode acontecer que, em algum momento, seja produzido um produto com uma consistência mais pastosa. Seguindo a orientação da FEPAM, buscou-se no mercado uma embalagem adequada para transportar materiais secos ou úmidos, durável e que, ao mesmo tempo, fosse retornável via ferrovia.

Os primeiros estudos foram feitos com caixas metálicas, com capacidade de carga de 2,5 ton, que serviam de acondicionamento enquanto o produto estivesse dentro do vagão. Uma vez descarregado, o conjunto de três caixas podiam retornar, fazendo a função de tampa do vagão, protegendo o clínquer das ações do tempo, inclusive da chuva.

O seu funcionamento é muito simples, mas, para manipulá-la, era preciso uma máquina do tipo 'Poclairn', conforme Figura 26, amplamente usado pela ALL para descarga de vagões na estação de Candiota.

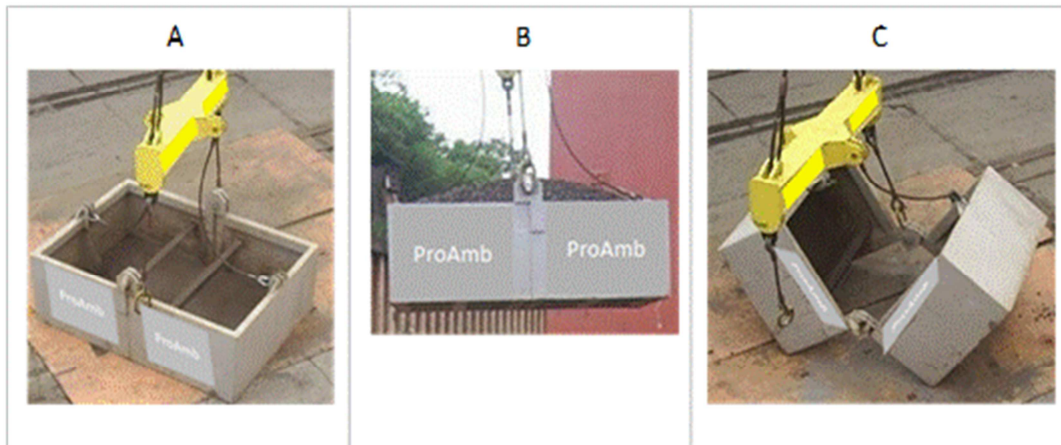
**Figura 26 – Máquina do Tipo ‘Poclair’.**



Fonte: Mercado Maquinas (2012).

O processo de carga e descarga é apresentado na Figura 27. O estágio A mostra a caixa carregada sendo içada pela máquina; o estágio B apresenta como ela se comporta quando está em movimento; e, por fim, para descarregá-la, basta que o sejam soltos os ganchos laterais, para que ela se abra ao meio, basculando facilmente dentro da carroceria de um caminhão.

**Figura 27 – Imagem das caixas de acondicionamento de resíduo.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse processo será testado ao logo do primeiro ano de transporte. Caso mostre-se inviável economicamente, com custo de aquisição e manutenção superior à 5% do custo de frete, será migrado para o uso de embalagens do tipo ‘Big-Bag’, apresentada na Figura 28.

**Figura 28 – Embalagem tipo Big-bag.**



Fonte: Classificados Brasil (2012).

Este tipo de embalagem é uma segunda opção aprovada pelo grupo de estudo, que, apesar de não ter sido testada na prática, seu funcionamento não apresenta vantagens.

Por se tratar de embalagens com capacidade de carga de 1 a 2 ton, com a característica de ser retornável e à prova de umidade, deverá retornar via rodoviário, ou seja, deverá conter uma logística reversa própria. Isso, por si só, já inviabiliza seu uso, comparada à primeira opção de caixas.

#### 5.4 QUARTA ETAPA: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta sessão foram debatidos os resultados das intervenções realizadas e analisadas as consequências para a Cimpor e para a Pro-Amb. Também foram discutidos o método de trabalho e extraídas as conclusões metodológicas para futuras pesquisas.

##### 5.4.1 Consequências para a CIMPOR

A principal consequência para a Cimpor é proveniente da substituição do seu principal resíduo combustível pelo *blend* de resíduos industriais. Estudo feito por Ishikawa e Herat (2012) concluiu que 40% do custo de produção do *clinker* referem-se ao combustível utilizado. A partir dessa perspectiva, pode-se ter a dimensão de quão importante é o controle



das variáveis desta etapa do processo.

Este projeto de coprocessamento, nos moldes apresentados, reduz em 8% o custo de aquisição com combustível. Ou seja, se hoje a empresa gasta cerca de 45.000.00 ton/ano, e para isso desembolsa R\$ 31.320.000,00, passará a economizar R\$ 2.505.600,00/ano, só pela substituição do seu principal combustível. Esses valores nominais, apesar de estarem multiplicados por um coeficiente, conseguem refletir o impacto do coprocessamento no desembolso financeiro da empresa com aquisição de matéria-prima.

Não obstante a economia financeira direta deste projeto, análises de dados internos mostram que contar com uma fonte de energia alternativa é extremamente estratégica para empresa em questão. Pela Cimpor ser dependente exclusivamente do coque de petróleo, qualquer oscilação nas variáveis de aquisição, seja no produto ou no frete marítimo, no caso das importações, não deixaria alternativa, a não ser sujeitar-se às condições de mercado. Cabe lembrar que, mesmo sendo comprado de algum produtor nacional ou *trading* internacional, o custo do coque de petróleo refletirá sempre o preço do produto no mercado internacional.

A partir da garantia de oferta de um resíduo alternativo, a empresa pode escapar dos picos de aumentos do combustível fóssil. Ou seja, pode-se aumentar o consumo do combustível alternativo sempre que o custo de aquisição do coque de petróleo for superior.

Outro retorno, apesar de ser indireto, diz respeito ao fluxo ferroviário. Como esse modal trabalha com grandes volumes de transporte, quanto mais se transporta, mais ele se torna eficiente. Após a terceira intervenção deste projeto, a Cimpor já passou a utilizar a ferrovia como retorno de alguns insumos, tais como gesso e minério de ferro. Essa ação, isolada, refletiu numa melhora de 10% na cadência de encostes de vagões na unidade de Nova Santa Rita. A partir desse projeto, que incrementa cerca de 1.000 t de retorno, espera-se ter uma melhora de mais 15% na cadência de vagões, ao longo dos próximos 6 meses. Com essa ação, a empresa poderá eliminar 100% do modal rodoviário hoje existente no fluxo de transferência entre Candiota e Nova Santa Rita, o que refletirá numa redução de 35 caminhões/mês nas dependências da empresa, que representam 12% do número de veículos que chegam, mensalmente, com insumos. Além de contribuir para a redução dos riscos de acidentes em estrada, essa ação elimina possíveis tombamentos no momento de descarga.

Como os embarques de resíduos industriais acontecerão dentro da unidade de Nova Santa Rita, a mesma equipe que descarrega os vagões carregados com *clinker* será utilizada. Isso será possível porque existe uma pequena ociosidade na equipe de trabalho. Como os custos são divididos entre Cimpor e Proamb, com base no montante de hora/homem trabalhada, a Cimpor economizará mais 20% com os custos de contratação de mão de obra,

refletindo uma economia de 37.000,00 R\$/ano.

Através de observações na unidade de Candiota, onde será consumido o *blend* de resíduo, pode-se constatar que usar este tipo de resíduo requer o desenvolvimento de um conhecimento específico na condução das tarefas do dia a dia com o forno de *clinker*. Pode-se afirmar que, pelo fato de a empresa estar acostumada a usar o coque de petróleo, existe todo um modo de trabalho que é do conhecimento de todos da área de operações. A partir do uso do *blend* de resíduos, será necessária a consolidação de uma nova cultura de trabalho. Se a primeira vista isso sugere ser negativo, por outro lado, uma vez consolidada esse novo modo de trabalho, a empresa estará cada vez mais habilitada a trabalhar com resíduos alternativos, podendo chegar ao nível de substituição acima de 40%, como apresentados anteriormente na Figura 13, registrados em países como Holanda, Suíça, Áustria e Alemanha. Uma substituição de combustíveis nessa proporção multiplicaria cinco vezes os resultados financeiros, passando a sua economia além da casa dos R\$ 12.000.000,00/ano.

#### **5.4.2 Consequências para a Proamb**

Como o uso do processo de coprocessamento vem ao encontro das últimas exigências ambientais feitas pelos órgãos fiscalizadores, tem-se aberto um novo nicho de mercado, a exemplo do que foi o aterro sanitário no passado. Apesar de mostrar-se um processo simples, que em linhas gerais consiste na mistura de resíduos e na sua queima em fornos de *clinker*, pode-se afirmar que um item de sucesso muito importante é a capacidade de uma empresa em gerir oferta de resíduo e casá-la com a demanda de calor de uma indústria. Ou seja, não adianta dominar apenas o mercado fornecedor de resíduos, ou então ter apenas um contrato para queima dos resíduos, há de se fazer a gestão do fluxo de resíduo, de acordo com a previsão de consumo do cliente final. Assim, a primeira consequência para a Proamb diz respeito ao seu planejamento produtivo. Ao longo desse projeto de pesquisa, aprendeu-se que tudo inicia com o planejamento de consumo, por parte do cliente final, representado neste trabalho pela Cimpor. A partir dessa informação é que a Proamb poderá assumir compromisso de retirada do resíduo industrial do mercado.

Essa conclusão faz toda a diferença, pois, através de simulações, foi possível constatar os efeitos danosos ao processo caso ele se construa a partir da demanda de oferta de resíduos. Os principais reflexos negativos podem ser: aumento considerável no estoque de produto a ser

processado na unidade; aumento do risco de acidentes ou incêndio na planta; e, por fim, perda da rastreabilidade do resíduo recebido, processado, e/ou consumido.

Como resultado das análises das situações vivenciadas, pode-se identificar que o processo de coprocessamento ainda não está bem assimilado no mercado, poucas são as empresas que compreendem seus benefícios, e até mesmo a legislação ambiental em vigor. Por outro lado, muitas empresas ainda acham que se trata de uma tecnologia muito cara. Ishikawa e Herat (2012) contribuem para o esclarecimento dessas dúvidas e apontam que grande parte das tecnologias necessárias para o uso do coprocessamento já está instalada nas indústrias cimenteiras, sendo necessário, aproximadamente, algo entre 5 e 10 milhões de dólares para adaptar um forno de *clinker* para essa função, enquanto a instalação de uma planta de incineração pode custar até 50 milhões de dólares.

Apesar de não ser o foco dos estudos, ao longo desta pesquisa pode-se identificar que, no estado do Rio Grande do Sul, a Cimpor é a única empresa licenciada pela FEPAM para queima de resíduos industriais em fornos de *clinker*, mesmo sem ter iniciado o coprocessamento devido à ausência de um parceiro para o desenvolvimento do *blend* de resíduos.

Nessa linha, registra-se a segunda consequência para a ProAmb, que é a de ser a primeira empresa a desenvolver a tecnologia do coprocessamento no Estado. Em tempos de internet, quando boa parte da disseminação do conhecimento é feito através dessa ferramenta, pode-se afirmar que muitas são as variáveis necessárias para o sucesso de um projeto dessa envergadura. Com base no estudo da história da Proamb, pode-se afirmar que a planta de coprocessamento estudada não é puro e simplesmente um novo projeto de uma nova empresa, é a evolução natural de negócio que vem vindo desde 1985, desde sua fundação.

Assim, ser a primeira empresa a traçar o caminho traz consigo a importância de ser usada como modelo e parâmetro para os demais projetos de coprocessamento que possam surgir. Esse aprendizado, se bem trabalhado, poderá desenvolver ainda mais a área de serviço de consultoria ambiental para a Proamb.

As consequências diretas desse projeto de pesquisa podem ser agrupadas em três grandes pilares: Financeiro, de Mercado e Ambiental.

A partir da ótica financeira, este projeto de pesquisa refletirá um crescimento de 16% nos resultados líquidos projetados para a empresa, ao longo dos próximos 5 anos. Esse ganho é basicamente reflexo das mudanças no processo logístico, que garantirão uma economia de 40% no custo de frete projetado inicialmente, ou seja, apenas no primeiro ano serão economizados R\$ 240.000,00.

A localização da planta junto a área metropolitana de Porto Alegre traz consigo não apenas a proximidade física, mas também um leque de oportunidades a serem desenvolvidas no futuro. Poder disponibilizar ao mercado a condição de ele entregar na planta de *blendagem* com seu resíduo, fazendo isso da melhor forma que lhe convier, é um grande diferencial, pois em alguns clientes os seus processos de expedição de resíduos já estão consolidados, bem como os transportadores para o serviço de coleta contratados.

Sob a ótica ambiental, excluindo-se os retornos acerca do uso de resíduo industrial não como lixo, mas sim como fonte de energia limpa e sustentável, o processo logístico reduz o número de caminhões envolvidos na operação, tendo com isso uma menor emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera e menor risco de acidentes de trânsito e ambiental.

Esses números ficam evidenciados na análise das Tabelas 17 e 18, que mostram uma queda pela metade da necessidade de caminhões para atender o Mercado B, representando a região metropolitana de Porto Alegre. Quanto ao número total de quilômetros percorridos para atender os mercados A e B, a redução vai de 25.300 km/mês, para apenas 4.230 km/mês. Essa variável tem reflexo direto no consumo de óleo diesel, principal agente poluente da atmosfera.

Tabela 17 – Necessidade de veículos base Caçapava

PLANTA LOCALIZADA EM CAÇAPAVA DO SUL										
	Distância	Tempo			Km/Mês	Volume	N°		Viagens / dia	N° de Caminhões
		Ciclo	C/D	Ciclo			Viagens	Carga (t)		
Mercado A	380	6	1	15	1.900	150	5	28	0,23	1
Mercado B	260	4	1	11	23.400	1.100	90	12	4,09	4
Candiota	184	3	1	8	6.072	1.250	33	38	1,50	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 18 – Necessidade de veículos base Nova Sta Rita

PLANTA LOCALIZADA EM NOVA SANTA RITA										
	Distância	Tempo			Km/Mês	Volume	N°		Viagens / dia	N° de Caminhões
		Ciclo	C/D	Ciclo			Viagens	Carga (t)		
Mercado A	126	3	1	7	630	150	5	28	0,23	1
Mercado B	40	1	1	4	3.600	1.100	90	12	4,09	2
Candiota	440				13.640	1.250	31	40		Vagões

Fonte: Elaborado pelo autor.

Existem resultados deste projeto que não foram considerados, até mesmo porque são intangíveis, mas que cabe ressaltá-los. As discussões acerca do processo logístico levam para a Proamb questionamentos a respeito de suas diretrizes logísticas no negócio de aterro sanitário. Esse fato traz consigo novas negociações e novos processos, que terão contribuições

positivas nesta área. Como não é possível coprocessar todos os tipos de resíduo, acredita-se que a Proamb terá acesso a empresas que antes não eram suas clientes.

## 5.5 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO - O NOVO CENÁRIO

A análise crítica das intervenções realizadas ao longo deste projeto de pesquisa respeitou a ordem de acontecimentos das mudanças. Assim, cada interferência realizada no processo é analisada criticamente: como devem se comportar na prática, quais são suas relevâncias e quais devem ser seus reflexos.

Todas as etapas desenvolvidas até este momento foram realizadas com o objetivo único de aperfeiçoar o processo logístico inicialmente planejado para a unidade de coprocessamento, e que sustentasse um projeto de coprocessamento, tanto econômico como ambiental.

Assim, o conjunto de avaliações feitas, como proposta de melhorias, até a conclusão deste capítulo encerra um ciclo de estudo desta pesquisa-ação. O quadro 13 tem o objetivo de apresentar a evolução das ações e fazer, ao mesmo tempo, um contra-ponto com o projeto na sua versão original.

Quadro 13 – Intervenções realizadas no processo.

		Cenário inicial	Cenário modificado
Primeira Intervenção	Localização		
	Cidade:	Caçapava do Sul	Nova Santa Rita
Segunda Intervenção	Logística Resíduos		
	Modal: Gestão:	Rodoviário Modelo Aterro Sanitário	Rodoviário Estruturada ProAmb
Terceira Intervenção	Logística Blend		
	Modal: Embalagem:	Rodoviário Granel	Ferroviário Granel
Quarta Intervenção	Embalagem		
	Transporte:	Granel	Caixas ou Big Bag

Fonte: Elaborado pelo autor.

O processo de amadurecimento deste projeto trará consigo novas necessidades e novos desafios, porque o mercado fornecedor é maior do que a capacidade de produção da planta de coprocessamento estudada. Assim, a exemplo dos fatores que motivaram esta planta, o mercado estará carente de uma ampliação. Nesse momento, novas oportunidades provocarão novas mudanças no processo como um todo.

Quando intervenções foram realizadas ao longo do processo, diversas opiniões do grupo surgiram, consolidando um novo cenário. Para melhor exemplificá-lo, foi desenvolvido o Quadro 14.

Quadro 14 – Análise das intervenções

Intervenções	PROAMB		ECOPROCESSA		CIMPOR		
	GP 1	GP 2	GT	GM	GG	GT	GL
Localização da Planta	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Logística resíduos	■	☒	■	☑	■	■	☑
Logística do <i>blend</i>	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Embalagens	☑	☑	☑	☑	☒	☑	☑

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme já apresentado no capítulo 5, o grupo de trabalho contou com:

- PROAMB: dois Gerentes de Projeto – GP
- ECOPROCESSA: dois gerentes, sendo 1 Gerente Técnico do Produto- GT; e 1 Gerente de Relações com o Mercado – GM
- CIMPOR: três gerentes, sendo 1 Gerente Geral – GG; 1 Gerente Licenciamento Ambiental – GT; e 1 Gerente de Logística – GL

Para cada um dos itens, os participantes atribuíram conceitos: “☑” – caso considerasse a intervenção positiva ao processo; “■” – caso considerasse a intervenção nula ao processo; ou então “☒” – caso considerasse a intervenção negativa ao processo.

A partir dessas avaliações, pode-se notar que os itens ‘localização da planta’ e ‘logística do *blend*’ contaram com a aprovação de todos os envolvidos. Já o item que se refere à ‘logística dos resíduos’ é visto como indiferente pela maioria dos participantes.

O detalhamento dessas avaliações está expresso nos diagnósticos que seguem nas próximas sessões. Lembra-se, ainda, que as análises da Ecoprocessa foram agrupadas com as da Cimpor.

### 5.5.1 Diagnóstico da Proamb

As avaliações que seguem refletem o olhar da Proamb sobre as intervenções feitas ao processo.

- Localização da planta: segundo os avaliadores, a localização da planta foi considerada como estratégica, pois, além de viabilizar uma logística diferenciada, com uso da ferrovia, garantiu proximidade ao mercado gerador. Isso concede ao projeto um grande diferencial competitivo, com menor custo do frete para o cliente e melhor relação 'custo vs benefício', quando comparado a outras empresas localizadas em outro estado. Ter como finalidade um produto que será consumido pela Cimpor, sem dúvida, ajudou na negociação de compra da terra. Além do mais, apesar de não ser usado em NSR, o fato de estar próxima ao grupo Cimpor ajuda muito, pois viabiliza o desenvolvimento de plano de emergência mútuo, ou a gestão de crises em conjunto, além de, é claro, ajudar na discussão da qualidade do *blend*. Por fim, estar mais próximo das origens dos resíduos aumenta a rapidez de resposta frente a incidentes de transportes, pois as equipes estarão mais próximas para o atendimento, ou até para remoção de resíduos em caso de sinistros.
- Logística dos resíduos: para ambos os avaliadores da Proamb este item não foi tão positivo quanto se esperava. Até que se tenha o processo de coleta consolidada, nos pequenos clientes que geram entre 10 a 20 tons/mês, não será possível escapar da força do transportador independente. Nesses casos, o transportador será o cliente da Proamb, impedindo, assim, que se tenha contato/gestão do mercado. Contudo, acredita-se que a logística dedicada ajudará muito nas negociações, apesar de, em alguns casos, o cliente usar o seu próprio caminhão.
- Logística do *blend*: o primeiro resultado que salta aos olhos é o econômico; o segundo, que até a fase de desenho do projeto não tinha sido identificado, é a contribuição para a imagem do projeto. Esse fato tem surpreendido o mercado e tem causado reação positiva nos clientes, transmitindo imagem de inovação e segurança, pois garante a retirada dos caminhões da estrada. Assim, acredita-se que o retorno é maior do que simplesmente financeiro. Operacionalmente esta logística garante cadência de embarque, redução dos riscos de acidente e de administração interna, pois reduz o número de fornecedores.
- Embalagens: os avaliadores já consideram-nas como muito seguras, pois, ao mesmo tempo em que garantem menos trabalho operacional, reduzem o tempo de carga e descarga e, por consequência, há menor risco para os funcionários, o que se resume em maior segurança operacional. Já o uso do big-bag é mais trabalhoso,



mas ainda é mais seguro em caso de acidentes de carga.

### 5.5.2 Diagnóstico da Cimpor

Abaixo seguem as avaliações da Cimpor, de forma conjunta com a Ecoprocessa, pois como esta é uma empresa do grupo, suas avaliações são pertinentes àquela empresa.

- Localização da planta: por parte do grupo técnico da Cimpor, a premissa inicial era transportar, pela menor distância, o resíduo. Já o *blend* poderia ser transportado por distâncias maiores. Assim, a nova localização da planta atendia a esses itens. Ainda, ao analisar a mudança de localização da planta, identificou-se que isso traria reflexos positivos no processo de licenças ambientais, já que a Cimpor conta com um bom histórico de projetos ambientais junto aos órgãos fiscalizadores. A proximidade do mercado fornecedor de resíduo e a distância do forno onde será consumido foram levados em consideração, visto que são itens que, apesar de serem secundários, são muito importantes, menor do que para o aterro, para onde vão os resíduos refugados pelo coprocessamento, provenientes de erro de classificação dos clientes. Atualmente, cerca de 15% a 20% de todo o resíduo recebido é encaminhado para o aterro sanitário, pois é impróprio para o coprocessamento. Para a Cimpor, quanto mais próxima do forno de clínquer melhor, mas os itens anteriores prevaleceram, pois, caso contrário, o processo se tornaria inviável economicamente. Quanto à qualidade do produto, os maiores problemas foram de granulometria e de umidade, mas a proximidade da planta da Cimpor ajudará para acompanhar essas questões. Por fim, a nova localização da planta traz consigo uma série de oportunidades de sinergia de serviço. O crescimento do parque industrial da região trará novos fornecedores de prestação de serviços logísticos (armazenagem e movimentação) e isso ajudará a todas as empresas do polo industrial.
- Logística dos resíduos: apesar de este item não possuir grandes reflexos no processo da Cimpor, o grupo técnico acredita que contar com uma empresa dedicada de transporte contribui para que se tenha o fluxo de resíduo controlado, evitando, assim, que sejam feitos descaminhos, e o resíduo seja encaminhado para concorrentes, ou, então, para aterros sanitários. Além disso, não se pode descartar a sinergia de volumes. Mesmo que tenham especificidades diferentes, num futuro não muito distante, pode-se pensar na sinergia de fluxo de cimento, com as coletas

de resíduos na região metropolitana.

- Logística do *blend*: apesar de o ferroviário ser pouco usado no Brasil, este modal é muito bom, pois é seguro e evita acidentes que envolvam pessoas e resíduos. A malha é bastante favorável ao projeto, bem como o seu custo. Pode-se dizer que os aspectos ambientais são mais controlados e o risco de acidente é muito menor. Recebemos manifestações positivas da FEPAM quanto ao uso deste modal. O uso da ferrovia fará com que se reduza o tempo de retorno do capital investido no projeto. Há 3 anos a Cimpor fez os investimentos necessários, esperando ter o retorno em 10 anos. Agora, através deste volume, podemos reduzir em 2 anos esta expectativa.
- Embalagens: para consumo é um problema a ser tratado, melhor se fosse a granel. Entretanto, é uma opção viável, pois evita vazamento no trajeto. As embalagens permitem ter um processo cada vez mais garantido/padronizado. A relação menos pessoas e mais máquinas contribui positivamente para o processo, mesmo que custe mais caro. Pode-se dizer que, com o uso das embalagens, será reduzido o risco de contaminação do solo, bem como das carrocerias, e ainda contaremos com uma redução no tempo de carga e descarga.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste projeto de pesquisa foi desenvolver uma cadeia logística que tornasse possível integrar os fluxos de transporte aos fluxos de resíduos, e com isso utilizar a logística reversa como diferencial competitivo numa cadeia de coprocessamento, tudo isso, tendo como ponto de referência a unidade localizada no município de Nova Santa Rita de propriedade da Fundação ProAmb.

Os objetivos específicos desta pesquisa (a- estudar as empresas fornecedoras de resíduos, quanto à sua localização, ao seu acesso e ao tipo de produto a ser disponibilizado; b- estudar a melhor localização para instalar a planta produtora de mistura, levando em consideração as restrições ambientais (estudo de impactos e licenciamento), o custo (instalação, transporte e aquisição de terra) e a disponibilidade de modais de transporte; c- estudar as potenciais empresas cimenteiras consumidoras da mistura de resíduos, que deverão utilizá-la como combustível), conduziram a pesquisa de forma a responder a questão chave desta pesquisa que era: “Como organizar a cadeia logística reversa para aproveitamento de resíduos em uma cadeia de coprocessamento em fábrica de cimento?”.

Visto que a planta de blendagem foi construída ao longo deste projeto de pesquisa, a escolha do método de pesquisa-ação contribuiu fundamentalmente para o desenvolvimento deste projeto.

Certo que o método serve como bússola para que o pesquisador possa nortear seus passos, uma vez concluído este projeto, pode-se afirmar que a maior contribuição da pesquisa-ação esta caracterizada no capítulo 5, ao descrever o planejamento das ações. Neste momento os integrantes passaram a conduzir suas ações, sempre dialogando com as teorias estudadas, e assim, ao longo do processo foi possível preencher os hiatos do conhecimento prático, com os conceitos analisados. A resultante deste trabalho foi a construção de uma solução assertiva, que busca integrar conhecimento pratico com o mundo teórico.

Os dados apresentados ao longo do capítulo 4 mostram que o coprocessamento é uma solução sustentável para o processo de fabricação de cimento. Esta afirmativa ficou mais evidente ao ser analisado as evoluções do mercado cimenteiro brasileiro, bem como, suas pressões por melhorias. Neste contexto pode-se notar, além das migrações históricas na

estrutura energética do setor, a figura do coprocessamento como uma das possíveis saídas para a substituição de combustíveis fósseis.

Por outro lado, esta necessidade encontra eco junto ao caso analisado. O mercado onde está inserida a planta de blendagem possui oferta de matéria-prima garantida, conforme apresentado ao longo do capítulo 4. Assim, conclui-se que a planta industrial analisada complementa o elo que faltava a cadeia de coprocessamento no estado do Rio Grande do Sul.

Uma vez estruturado o caso de estudo, ao longo do capítulo 5, foram estruturadas as ações necessárias para que o processo logístico fosse estruturado. Para isso, foi analisado o mercado fornecedor em potencial, os fornecedores de transporte em potencial, e por fim, o processo de coleta necessário para dar vazão a demanda de resíduos. Com base no panorama apresentado, o pesquisador conduziu o grupo de trabalho na proposição de melhorias, as quais garantissem ao projeto um melhor desempenho logístico. Assim, as intervenções apresentadas na sessão 5.3, garantem a Proamb um diferencial competitivo junto ao mercado de coprocessamento, pois ao mesmo tempo que se tem um processo estruturado de abastecimento e expedição na planta, existe uma estrutura de custo que será difícil de ser copiada, visto as dificuldades de contratação do serviço ferroviário já apresentadas neste projeto, bem como, as restrições de localização de plantas de coprocessamento no estado do Rio Grande do Sul.

Ao término desta fase, cabe uma observação pertinente às embalagens. Apesar de serem necessárias para o transporte do produto final da planta, existe uma tendência operacional para que a mesma seja eliminada. Isto é devido aos problemas diários enfrentados com o retorno das mesmas para a unidade de expedição. Assim, conclui-se que este item será alvo de futuros estudos.

Tomando como base os resultados financeiros obtidos no caso estudado, pode-se identificar uma economia direta para a Proamb na ordem de 27% no custo de frete, resultantes da nova localização da planta, bem como do uso da ferrovia. Lembrando que se considerar os custos projetados inicialmente, esta economia sobe para 40% do custo de frete, ou então, R\$ 240.000,00 no primeiro ano. Já o processo de coprocessamento, retornará para a Cimpor uma economia de 8% na aquisição de combustível, ou então, R\$ 2.505.500,00/ano. Lembrando apenas que os montantes acima foram multiplicados por um coeficiente, conhecido apenas pelo autor, que apesar de distorcer os valores absolutos, mantém a proporção das economias.

Ao avaliar este projeto na prática é possível afirmar que o resultado final foi além das expectativas iniciais do grupo de trabalho, identificadas no primeiro encontro no dia

15/10/2010, as quais se resumiam em consolidar um projeto logístico que fosse aprovado pela FEPAM, e que ao mesmo tempo estivesse dentro das estimativas orçamentárias da Proamb.

Segundo análise do pesquisador, isso só foi possível devido o método de trabalho utilizado, a confiança mútua existente entre as empresas envolvidas, bem como, o comprometimento do grupo de trabalho com o resultado final deste projeto.

Por fim, indica o autor, que novos projetos de pesquisas sejam conduzidos através desta metodologia, pesquisa-ação, pois a integração das empresas, no intuito de buscarem sinergias e tornarem suas indústrias mais competitivas, poderá ser a solução para as deficiências encontradas no dia-a-dia.

## 6.1 IMPLICAÇÃO DA PESQUISA

Neste ponto do trabalho é pertinente lembrar algumas implicações deste projeto de pesquisa:

- O projeto logístico desenhado foi feito com base nas ofertas e demandas das empresas envolvidas. Para que este projeto seja replicado, deve-se levar em consideração esta premissa.
- A logística de resíduos poderá sofrer interferências por parte de seu fornecedor, caso este não dê a devida importância a esta tarefa, serão gerados gargalos na retirada, e conseqüentemente, atrasos em toda a cadeia.

A seguir serão definidas algumas recomendações de trabalhos futuros.

## 6.2 FUTURAS PESQUISAS

Este projeto de pesquisa tem o objetivo de ser mais um tijolo na construção do conhecimento da academia, contudo, espera-se que novos projetos possam seguir a partir do ponto que este parou. Assim, encaminhando o término desta pesquisa, indica-se as seguintes propostas de trabalho:

- Este projeto de trabalho pode evoluir caso o pesquisador tenha interesse em estudar a gestão dos resíduos das empresas de grande porte. Neste contexto, pode-se analisar se a figura de uma empresa para gerir os resíduos dentro da planta geradora é capaz de agregar valor ao processo.
- Como o processo de coleta dos resíduos é o mais sensível, quanto a atrasos, pode-se investigar se existe algum processo de coleta que torne a tarefa mais eficiente.
- Estudo da logística interna de uma planta de blendagem.
- Investigar os processos de aprendizado através do uso da pesquisa-ação.

## REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

ADLMAIER, D.; SELLITTO, M. A. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. Prod. [online]. 2007, vol.17, n.2, pp. 395-406.

ALL – America Latina Logística. Disponível em: <<http://www.all-logistica.com.br>>. Acesso em: 02 mar 2012.

ALTRICHTER, H.; KEMMIS, S.; McTAGGART, R., ZUBER-SKRRIT, O., The Concept of action research. The Learning Organization. v.9 n.3. 2002. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/0969-6474.htm>>. Acesso em: 21 mar 2011.

ANTF – Associação Nacional dos Transportes Ferroviários. Disponível em: <<http://antf.org.br>>. Acesso em: 02 mar 2012.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em : <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 01 mar 2012.

BALASSIANO, R., Cenários Prospectivos tecnológicos para o transporte rodoviário de cargas no Brasil: O caso da frota de caminhões. Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: < [http://www.ltc.coppe.ufrj.br/teses/arquivos/tf01\\_andre.pdf](http://www.ltc.coppe.ufrj.br/teses/arquivos/tf01_andre.pdf)>. Acesso em: 01 mar 2013.

BALLOU, R. H. Logística Empresarial – transportes, administração de materiais, distribuição física. São Paulo: Atlas, 1996.

BELÉM, J. S., Proposta metodológica para avaliação do nível de serviço das empresas de transporte rodoviário de cargas. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <<http://logisticatotal.com.br/files/monographs/6ef25d907160084453e813b040811e6f.pdf>>. Acesso em 01 mar 2012.

BRYMAN, A. Research methods and organization studies. Londres: Routledge, 1995.

BUTTER, P.L. Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento compartilhado dos resíduos sólidos industriais no sistema de gestão ambiental da empresa. 2003. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/7634.pdf>>. Acesso em: 24 abr 2011.

CARPO, R.C.; COELHO, L.S. Optimization and Modeling in the Co-Processing of Wastes in Cement Industry Comprising Cost, Quality and Environmental Impact using SQP, Genetic Algorithm, and Differential Evolution. IEEE Congress on Evolutionary Computation, Canada. 16 Jul 2006. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=1688481](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1688481)>. Acesso em: 05 mai 2011.

CARTER, C. R., ELLRAM, L. M. Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 1998. Disponível em: <[www.emeraldinsight.com/0960-0035.htm](http://www.emeraldinsight.com/0960-0035.htm)>. Acesso em: 01 mar 2012.

CARVALHO, L. E. X., Desenvolvimento de solução integrada de sistemas de limpeza urbana em ambiente SIG. Dissertação de mestrado. UFRJ. Rio de Janeiro. 2001. Disponível em: <<http://ceasf.petrobras.com.br/portalPublicacao.do?method=view&codigo=1378>>. Acesso em: 08 mar 2012.

CHAVES, G.L.D.; ALCÂNTARA, R.L.C.; ASSUMPÇÃO, M.R.P., Medidas de desempenho na logística reversa. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*. 2008. São Carlos, v.8, N02. Disponível em: <<http://logisticatotal.com.br/files/monographs/a69c21aa41400cf52fd5f0690ffc830c.pdf>>. Acesso em: 23 abr 2011.

CLASSIFICADOS BRASIL. Disponível em: <<http://www.classificados-brasil.com>>. Acesso em: 03 mar 2012.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 13 jun 2010.

COUGHLAN, P.; COGLHLAN,D., Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol.22, n.2, 2002. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/0144-3577.htm>>. Acesso em: 01 out 2010.

DALBERIO, O.; DALBERIO, M.C.B. *Metologia científica: Desafios e caminhos*. São Paulo: Paulus, 2009.

DAUGHERTY, P. , Review of logistics and supply chain relationship literature and suggested research agenda. Vol. 41 No. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/0960-0035.htm>>. Acesso em: 01 05 2011.

DE BRITO, M. P.; DEKKER, R. Reverse logistics: a framework. *Econometric Institute. Report EI 2002-38*, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, 2002.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <[www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br)>. Acesso em: 01 mar 2012.

DOWLATSHAHI, S. Strategic success factors in enterprise resource-planning design and implementation: a case-study approach. *International Journal of Production Research*, Vol. 43, No. 18, 15 September (2005), 3745–3771, 2005.

ENESEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/indexsub.asp?ss=42>>. Acesso em: 31 mar 2012.

ENGEL, G.I., Pesquisa-ação. *Revista Educador*. Curitiba. 2000. N.16, p. 181-191. Disponível em: <[www.educarevista.ufpr.br/arquivos\\_16/irineu\\_engel.pdf](http://www.educarevista.ufpr.br/arquivos_16/irineu_engel.pdf)>. Acesso em: 03 abr 2011.

FARENZENA, H. *Fabricação de Cimento Portland, Aspectos Gerais*, Edição Cimentec, 1995.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em 01 mar 2012.



FLEISCHMANN, M. et al.. Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*. n. 103, p. 1-17, june 1997.

FRANCO, M. A. S.. Pedagogia da pesquisa-ação. *Revista Educação e pesquisa*. São Paulo. V.31, n.4., p. 483-502. 2005. Disponível em: < [www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf) >. Acesso em: 03 abr 2011.

FRENCH, S., Action Research for practising managers. *Journal of Management Development*. V.28, n.3., 2009. Disponível em: <[www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1775718...pdf](http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1775718...pdf)>. Acesso em: 20 mar 2011.

GARDIN, J.A.C., FIGUEIRÓ, P.S., NASCIMENTO, L.F., Logística reversa de pneus insineráveis: Discussões sobre três alternativas de reciclagem para este passivo ambiental. *Revista Gestão e Planejamento*, Salvador, v.11, n2, p.232-249, Jul/dez 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/viewFile/775/960>>. Acesso em: 24 abr 2011.

GIL, A.C., Técnicas de pesquisa em economia. São Paulo: Atlas, 2000.

GONCALVES-DIAS, S. L. F.; TEODOSIO, A. S. S. Estrutura da cadeia reversa: "caminhos" e "descaminhos" da embalagem PET. *Prod.* [online]. 2006a, vol.16, n.3, pp. 429-441.

GONCALVES-DIAS, S. L. F.; TEODOSIO, A. S. S. Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens. *Gestão e Produção*. 2006b, vol.13, n.3, pp. 463-474.

HEESE, H.; CATTANI, K.; FERRER, G.; GILLAND, W.; ROTH, A. Competitive advantage through take back of used products. *European Journal of Operational Research*, v.164, n.1, p.143-157, 2005.

HALLIDAY, H. C. Desafios Logísticos Da Coleta e Transporte De Resíduos: Um estudo de caso do município do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[http://www.forumlogistica.net/site/new/teses/pdf/15dez03\\_Humberto\\_halliday.pdf](http://www.forumlogistica.net/site/new/teses/pdf/15dez03_Humberto_halliday.pdf)>. Acesso em: 03 mar 2012.

HENDRIKS, C.; WORRELL, E.; DE JAGER, D.; BLOK, K.; RIEMER, P. Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Greenhouse gas control technologies conference*, Interlaken, Switzerland, 1998.

HERNANDEZ, C.T. A logística reversa e a responsabilidade social corporativa: um estudo de caso num consórcio de gestão de resíduos industriais. In: *IV SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*. 22 out 2007. Resende. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/artigos07/1354\\_SEGET%20evento.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos07/1354_SEGET%20evento.pdf)>. Acesso em: 19 abr 2011.

IEA – International Energy Agency. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>. Acesso em: 08 mar 2012.

ISHIKAWA, Y. , HEART, S. Use of Cement Kilns for Managing Hazardous Waste in Developing Countries. *Energy and Technology*, p.137-155, 2012. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/1562p5175412215r>>. Acesso em: 14/04/2012.

KLAUS, P. Logistics research: a 50's years march of ideas. *Logistics Research*. V.1.n.1, p53-65. Disponível em: <[www.springerlink.com/index/r734064t1q181882.pdf](http://www.springerlink.com/index/r734064t1q181882.pdf)>. Acesso em: 01 mai 2011.

KYRO, P., Benchmarking as na action research process. *International Journal*, Vol. 13 Iss: 1/2, pp.93 – 105. 2004. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1541579&show=html>>. Acesso em: 20 mar 2011.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

LEE, D.; DONG, M. Dynamic network design for reverse logistics operations under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v.45, n.1, p.61-71, 2009.

LEAL, I. C. J., Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência. Tese de doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro (2010). Disponível em: <[http://www.itc.coppe.ufrj.br/tese/arquivos/tf02\\_ilton.pdf](http://www.itc.coppe.ufrj.br/tese/arquivos/tf02_ilton.pdf)>. Acesso em: 03 mar 2012.

LEITE, P. *Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LI, Y., ZHU, W., YAO, M. Application Research of Hypercycle Theory in Reverse Logistics. 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 01 mai 2011.

MARAVIESKI, V.C.; MARAVIESKI, E.L.; RESENDE, L.M.; HATAKEYAMA, K., Fatores essenciais para implantação da logística reversa de embalagens reutilizáveis. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 13 out 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_080\\_612\\_11966.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_080_612_11966.pdf)>. Acesso em: 23 abr 2011.

MARTINS, A. J. *Sistemas produtivos locais e serviço de transporte: Um estudo exploratório*, Dissertação de Mestrado, Universidade federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://www.pet.coppe.ufrj.br/index.php/producao/teses-de-dsc/doc\\_download/7-sistemas-produtivos-locais-e-servicos-de-transportes-um-estudo-exploratorio+www.pet.coppe.ufrj.br](http://www.pet.coppe.ufrj.br/index.php/producao/teses-de-dsc/doc_download/7-sistemas-produtivos-locais-e-servicos-de-transportes-um-estudo-exploratorio+www.pet.coppe.ufrj.br)> . Acesso em: 03 mar 2012.

MAYER, F.D., HOFFMANN, R., RUPPENTHAL, J.E., *Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz*. In: XIII SIMPEP, 06 de novembro de 2006, Bauru, SP. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/124.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2011

McINNES, P.; HIBBERT, P., Exploring the complexities of validity claims in action research. *Management Research News*. 2007. V.30, n.5. p.281-390. Disponível em: <[HTTP://www.emeraldinsight.com/0140-9174.htm](http://www.emeraldinsight.com/0140-9174.htm)>. Acesso em: 20 mar 2011.

Mercado Maquinas. Disponível em: <<http://www.mercadomaquinas.com.br>>. Acesso em: 08 mar 2012.

MIGUEL, P.A.C.; et al., Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MME – Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 08 mar 2012.

MONTEIRO, et al., Gestão Integrada de resíduos sólidos. 2001. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/et000017.pdf>>. Acesso em: 06 mar 2012.

MONTEIRO, L.P.C.; MAINIER, F.B. Queima de pneus inservíveis em fornos de clínquer. Engevista, v. 10, n. 1, p. 52-58, 2008.

PEDROSA, A.S., A logística reversa como uma ferramenta gerencial: Um novo diferencial competitivo para as organizações. Revista Qualistas. v.7, n.02. 2008. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/279/228>>. Acesso em: 24 abr 2011.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A. Disponível em: <[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)>. Acesso em: 01 jun 2010.

PERROTTA, B. A., Contribuição metodológica para o planejamento de transporte rodoviário de resíduos sólidos comerciais e industriais com o uso de tecnologia SIG - Estudo de caso na região metropolitana do Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.pet.coppe.ufrj.br>>. Acesso em: 07 mar 2012.

POHLEN, T.; FARRIS, M. Reverse Logistics in Plastics Recycling. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, v. 22, n. 7, p. 34-47, 1992.

PROAMB – Fundação Pro ambiente. Disponível em: <[www.proamb.com.br](http://www.proamb.com.br)>. Acesso em: 01 jun 2010.

REIS, N., 2005, Seleção de meios de transportes. Arquivo capturado no site <<http://www.ntcelogistica.org.br>>. Acesso em: 07 fev 2006.

RENÓ, M. L. G. Uso de Técnicas de Otimização Robusta Multi-Objetivos na Produção de Cimento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

Reverse Logistics Executive Council. Disponível em: <[www.rlec.org/index.html](http://www.rlec.org/index.html)>. Acesso em: 21 abril 2004.

ROCHA, S.D.F.; LINS, V.F.C.; SANTO, B.C.E. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Revista Eng Sanit Ambient, v.16 n.1. 2011. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n1/a03v16n1.pdf>>. Acesso em: 01 abr 2011.

RODRIGUES, D.F.; RODRIGUES, G.G.; LEAL, J.E.; PIZZOLATTO, N.D., Logística reversa conceitos e componentes dos sistemas. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 23 out 2002, Curitiba. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR11\\_0543.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR11_0543.pdf)>. Acesso em: 09 abr 2011.

RODRIGUES, S. B. M., 2007, Avaliação das alternativas de transporte de etanol para exportação na região centro-sul. USP, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – SP.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. University of Nevada, Reno, 1999.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2, p. 129-148, 2001.

ROWLEY, F., Action research: an approach to student work based learning. *Education + training*. V.45.n.3. 2003. Disponível em : <<http://www.emeraldinsight.com/0040-0912.htm>>. Acesso em: 03 abr 2011.

SANTI, A.M.M.; SEVÁ, A.O.F., Resíduos renováveis e perigosos como combustíveis industriais. Estudo sobre a difícil sustentação ambiental da fabricação de cimento no Brasil, anos 1990. VIII Congresso Brasileiro de Energia, 01 dez 1999. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.fem.unicamp.br/~seva/oitoCBEResiduos\\_cimento.PDF](http://www.fem.unicamp.br/~seva/oitoCBEResiduos_cimento.PDF)> . Acesso em: 07 mai 2011.

SELLITTO, M. A., Inteligência artificial: aplicação em uma industria de processo contínuo. *Revista Gestão e Produção*. 2002. V.9, n.3, p 363-376. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n3/14574.pdf>> . Acesso em: 07 mai 2011.

SERIO, L.C., SAMPAIO, M., PEREIRA, S.F., A Evolução dos Conceitos de Logística: um estudo na cadeia automobilística no Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-golb-2727>>. Acesso em: 01 05 2011.

SEVERINO, A.J., Metodologia do Trabalho científico. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, M.C.G., COLMENERO, J.C., A logística reversa como forma de desenvolvimento sustentável e competitivo das empresas. V Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 19 out 2010, Ponta Grossa. Disponível em: <[http://www.5eetcg.uepg.br/Anais/artigospdf/50018\\_vf2.pdf](http://www.5eetcg.uepg.br/Anais/artigospdf/50018_vf2.pdf)>. Acesso em: 20 abr 2011.

SIQUEIRA, L. Avaliação do impacto das emissões de metais geradas no coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, 2005.

SOUZA, S.E., FONSECA, S.U.L., Logística reversa: Oportunidades para redução de custos em decorrência da evolução do fator Ecológico. *Revista terceiro setor*. São Paulo. v. 3, n.01. 2009. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/3setor/article/view/512>>. Acesso em: 24 abr 2011.

STOCK, James R.. Reverse Logistics Programs. Illinois: Council of Logistics Management, 1998.

THIOLLENT, M., Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez: 1988.

TREZZA, M.A, SCIAN, A.N. Waste fuels: their effect on Portland cement clinker. *Cement and Concrete Research*, 2005.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Pesquisa-ação na Engenharia de Produção, In: Miguel, P. A. C. (Coord.) Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, Rio de Janeiro: Elsevier, p.145-163, 2010.

WBCSD - Word Business Council Sustainable Development. Disponível em: <<http://www.wbcdcement.org>> Acesso em: 15 jul 2010.