

VANESSA MESQUITA SANTANA

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE CENÁRIOS DE
LOGÍSTICA REVERSA DE COMPRESSORES DE AR POR
MEIO DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA**

Dissertação submetida ao programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Sebastião
Roberto Soares

Co-orientadora: Prof. Dra. Mônica
Maria Mendes Luna

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santana, Vanessa Mesquita
ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE CENÁRIOS DE LOGÍSTICA
REVERSA DE COMPRESSORES DE AR POR MEIO DA AVALIAÇÃO DE
CICLO DE VIDA / Vanessa Mesquita Santana ; orientador,
Sebastião Roberto Soares ; coorientadora, Mônica Maria
Mendes Luna. - Florianópolis, SC, 2014.
182 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Logística Reversa. 3.
Avaliação do Ciclo de Vida. 4. Avaliação Econômica do Ciclo
de Vida. 5. Compressor de Ar. I. Soares, Sebastião Roberto
. II. Mendes Luna, Mônica Maria. III. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) pela oportunidade.

Ao Professor Sebastião Roberto Soares e a Professora Mônica Mendes Luna pela orientação e por proporcionar estrutura para que este trabalho pudesse ser realizado.

À empresa Schulz S/A pela possibilidade de realização do projeto e pela disponibilidade de dados para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos membros e ex-membros do Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida (Ciclog): Cris, Edivan, Guilherme e Luis, em especial a Cris e Edivan, por suas sugestões e preciosas contribuições para a minha pesquisa.

Ao Evandro pelo apoio incondicional, auxílio, paciência e conselhos, que esteve presente durante toda a trajetória.

À minha família e meus amigos, em especial a meus pais, irmã e avó que sempre me incentivaram e me apoiaram. Sem dúvida, vocês foram peças fundamentais para que eu fosse bem sucedida nessa etapa da minha vida.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.
(Albert Einstein)

RESUMO

A lógica do atual sistema de produção está baseada na fabricação massiva de bens de consumo. Quando esta produção não é realizada de forma coerente e respeitosa aos recursos naturais, ocorre uma excessiva extração de matéria prima, um elevado consumo de energia elétrica, geração de resíduos sem destinação final apropriada, efluentes e emissões atmosféricas sem tratamento final efetivos, entre outros. Visando identificar os danos ambientais relativos à logística reversa de compressores de ar a fim de minimizá-los, esta dissertação objetivou: realizar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Avaliação Econômica do Ciclo de vida (AECV) de cenários de logística reversa de compressores de ar. A metodologia foi baseada nas normas ABNT (2009a; 2009b), em que os dados primários foram obtidos por meio de consultas, entrevistas e telefonemas aos assistentes técnicos, colaboradores e relatórios de venda da empresa Schulz S.A., onde o estudo foi desenvolvido. Foram avaliados quatro cenários de logística reversa: o primeiro baseado em um plano de troca de compressores com desmanche total do compressor e revenda de materiais recicláveis. O segundo também baseado em um plano de troca, porém com refundição de peças de ferro fundido e aço na própria empresa. O terceiro baseado na remanufatura de compressores realizada por assistentes técnicos e compra de 38% do valor financeiro das peças de remanufatura da empresa. O quarto, semelhante ao terceiro cenário, porém com 51% do valor financeiro das peças de remanufatura compradas da empresa. O cenário menos impactante ambientalmente foi o de parceria com assistentes técnicos e compra de 38% das peças originais. Por sua vez o cenário que obteve melhor resultado econômico foi o cenário de plano de troca de compressores com desmanche total do compressor e revenda de materiais recicláveis. No entanto, o cenário de parceria com assistentes técnicos e compra de 51% das peças originais, foi o mais economicamente interessante para a empresa. Como principal resultado desse estudo, foi identificado que o cenário mais ecoeficiente foi o baseado no plano de troca e com refundição de peças de ferro fundido e aço na própria empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa. Avaliação de Ciclo de vida. Avaliação Econômica do Ciclo de Vida. Compressor de Ar.

ABSTRACT

The logic of the current production system is based on the mass production of consumer goods. When this production is not carried out consistently and respectfully to natural resources, there is an excessive extraction of raw materials, high energy consumption, waste generation without proper disposal, effluents and emissions without effective final treatment, among others. To identify the environmental damage relating to reverse logistics of air in order to minimize them, this thesis aimed to: perform the Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Cost (LCC) scenarios for reverse logistics air compressors. The methodology was based on ABNT (2009a, 2009b) standards, in which the primary data were obtained through consultations, interviews and phone calls to the technical assistant, employees and Schulz SA's sales reports, where the study was conducted. Four scenarios for reverse logistics were examined: the first based on a plan of exchanging compressors with a total dismantling of the compressor and resale of the recyclable materials. The second also based on an exchange plan, but with the remelting of pieces of cast iron and steel in the company. The third based on the remanufacturing of compressors performed by the technical assistants and sale of 38 % of the company's remanufacture parts. The fourth scenario, similar to the third one, however, with sale of 51% of the company's remanufacture parts. The scenario that had the least impact on the environment was the one with partnership of the technical assistants, and purchase of 38 % of the original parts. In turn, the most economic scenario was the one with the exchanging compressors, with a total dismantling of the compressor and resale of recyclable materials. However, the most economic scenario for the company was the one in partnership with the technical assistants, and purchase of 51 % of the original parts. The main result of this study identified that the more eco-efficient scenario was the one based on the exchange and remelting pieces of cast iron and steel in the company.

PALAVRAS-CHAVE: Reverse logistics. Life Cycle Assessment. Life Cycle Cost. Air compressor

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da atuação da logística reversa.	31
Figura 2. Quatro diferentes fluxos de canal de distribuição.	33
Figura 3. Estrutura da ACV e suas quatro fases.	44
Figura 4. Fronteiras dos sistemas abordados nesta ACV.	46
Figura 5. Compressor rotativo.	54
Figura 6. Localização do município de Joinville, no estado de Santa Catarina (Brasil).	55
Figura 7. Gestão dos CR-PC para os modelos de compressores.	56
Figura 8. Fronteiras dos Sistemas de produto.	57
Figura 9. Matriz de ecoeficiência.	63
Figura 10. Fluxos de venda da empresa no ano de 2012.	69
Figura 11. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 01.	78
Figura 12. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 02.	79
Figura 13. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 3a.	81
Figura 14. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 3b.	82
Figura 15. Categorias de impactos ambientais nos quatro Cenários	99
Figura 16. Carga ambiental total dos cenários.	100
Figura 17. Mudanças Climáticas - Cenário 1.	101
Figura 18. Depleção da Camada de Ozônio - Cenário 1.	103
Figura 19. Depleção fóssil - Cenário 1.	104
Figura 20. Demanda Acumulada de Energia - Cenário 1.	105
Figura 21. Mudanças Climáticas - Cenário 3a.	108
Figura 22. Depleção da Camada de Ozônio - Cenário 3a.	109
Figura 23. Depleção Fóssil - Cenário 3a.	110
Figura 24. Demanda Acumulada de Energia - Cenário 3a.	111
Figura 25. Análise comparativa dos três modelos de compressores - Cenário 1.	114
Figura 26. Compressor R1 nos Cenários por categorias de impacto ambiental.	116
Figura 27. Compressor R2 nos quatro Cenários por categorias de impacto ambiental.	116
Figura 28. Compressor R3 nos quatro Cenários por categoria de impacto ambiental.	117
Figura 29. Distribuição dos custos econômicos nos quatro Cenários.	131
Figura 30. Distribuição dos custos econômicos nos quatro Cenários.	135
Figura 31. Ecoeficiência pela perspectiva geral.	136
Figura 32. Ecoeficiência pela perspectiva empresarial.	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de massa dos compressores analisados.....	64
Tabela 2. Preço pago pela sucata em Joinville.	65
Tabela 3. Preço médio dos compressores sucateados.....	66
Tabela 4. Custo do transporte na logística reversa de compressores pós-consumo até Joinville.	67
Tabela 5. Custo de desmontagem de compressores.....	67
Tabela 6. Margem de desconto máximo fornecido ao cliente (DCLR).68	
Tabela 7. Canal de distribuição do Compressor Rotativo.	70
Tabela 8. Consumo de compressores R1, R2 e R3 por cidades.....	72
Tabela 9. Distribuição de compressores obsoletos por região.....	73
Tabela 10. Ações de divulgação da Logística reversa.....	83
Tabela 11. Insumos para a desmontagem dos compressores.....	85
Tabela 12. Preço para a desmontagem dos compressores	85
Tabela 13. Transporte interno.....	86
Tabela 14. Preços para transporte da empresa até os aterros sanitários e industriais	87
Tabela 15. Preço para destinação de resíduos em aterro industrial.	87
Tabela 16. Despesas administrativas	88
Tabela 17. Distância da Schulz até a empresa retalhadora dos itens. ...	89
Tabela 18. Custo de transporte interno.	89
Tabela 19. Despesas administrativas.	90
Tabela 20. Custos de ações de divulgação da Logística reversa	90
Tabela 21. Insumos usados na desmontagem dos compressores.....	92
Tabela 22. Descritivo das viagens de gerenciamento do programa de logística reversa.	95
Tabela 23. Despesas administrativas para gerenciamento da logística reversa.	95
Tabela 24. Quadro resumo das principais características dos cenários estabelecidos referentes a logística reversa de 100 compressores.....	97
Tabela 25. Comparação do Cenário 1 e 2 nas categorias de impacto avaliadas.....	106
Tabela 26. Comparação entre os Cenários 3a e 3b nas categorias de impacto ambiental avaliadas.	112
Tabela 27. Modelos de compressores por Cenário e categoria de impacto ambiental.	114
Tabela 28. Custos envolvidos na logística reversa.....	120
Tabela 29. Receitas e despesas- Cenário 1	123
Tabela 30. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 no Cenário 1.....	124

Tabela 31. Balanço de entradas e saídas - Cenário 2	125
Tabela 32. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 2.	126
Tabela 33. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3a.....	127
Tabela 34. Balanço de entradas e saídas para o compressor R1, R2 e R3 no Cenário 3a	128
Tabela 35. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3b	129
Tabela 36. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 3b.....	130
Tabela 37. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3a.....	132
Tabela 38. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 3a.	133
Tabela 39. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3b.	133
Tabela 40. Balanço de entradas e saídas para o compressor R1 - Cenário 3b.	134
Tabela 41. Ecoeficiência pela perspectiva geral.	136
Tabela 42. Ecoeficiência pela perspectiva empresarial.....	137

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AECV	Avaliação Econômica do Ciclo de Vida
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
CD	Custo para Desmontagem
CICLOG	Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida
CIF	<i>Cost Insurance and freight</i>
CFCs	Clorofluorcarbonetos
CH ₄	Metano
CML	<i>Institute of Environmental Sciences/Universiteit Leiden</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
CR-PC	Canal reverso pós-consumo
DCLR	Desconto com Logística Reversa
DSLRL	Desconto sem Logística Reversa
FOB	<i>Free on board</i>
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma brasileira
P1	Compressor de pistão 1
P2	Compressor de pistão 2
P3	Compressor de pistão 3
PB	Preço de Bloqueio
PE	Poliétileno
PM	Preço de Mercado
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PS	Preço Médio da Sucata
PT	Preço de Transporte
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinil (Polyvinyl chloride)
R1	Compressor rotativo 1
R2	Compressor rotativo 2
R3	Compressor rotativo 3
REEE	Resíduo Eletroeletrônico
RIVM	<i>Radboud University Nijmegen, National Institute for Public Health and Environment</i>
S.A	Sociedade Anônima
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

CO ₂ eq.	Dióxido de Carbono equivalente
kg	Quilograma
km	Quilômetro
kW	Kilowatt
kW.h	Kilowatt hora
R\$	Reais

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	23
2.	JUSTIFICATIVA	24
3.	OBJETIVOS	27
3.1.	OBJETIVO GERAL.....	27
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
4.1.	LOGÍSTICA REVERSA	28
4.1.1.	Canais de distribuição ou Canais de Marketing.....	32
4.1.2.	Logística reversa pós-consumo.....	34
4.1.3.	Normatização.....	34
4.1.4.	Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos	37
4.1.5.	Logística reversa como fator gerador de vantagem competitiva	39
4.1.6.	Fatores críticos que influenciam a eficiência da logística reversa.....	41
4.2.	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	42
4.2.1.	Fases da ACV	44
4.2.2.	Avaliação Econômica de Ciclo de Vida (AECV).....	48
4.2.3.	ACV e AECV	50
4.2.4.	Ciclo de vida e a logística reversa	50
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
5.1.	NATUREZA DA PESQUISA	53
5.2.	CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA	54
5.3.	CENÁRIOS DE LOGÍSTICA REVERSA	55
5.3.1.	Cenários base de Logística Reversa.....	56
5.3.2.	Diagnóstico da situação atual	57
5.4.	ANÁLISE AMBIENTAL.....	58
5.5.	ANÁLISE ECONÔMICA	59
5.6.	TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE.....	61
5.7.	COMPARAÇÃO DOS cenários de logística reversa	61
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
6.1.	MODELOS DE COMPRESSORES ENVOLVIDOS	64
6.2.	CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DA EMPRESA	69
6.2.1.	Determinação das cidades que contribuem com o maior número de venda de compressores.	71
6.3.	DIAGNÓSTICO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS EQUIPAMENTOS OBSOLETOS	74
6.4.	CENÁRIOS DE LOGÍSTICA REVERSA	75
6.4.1.	Cenário 1- Plano de troca	77

6.4.2.	Cenário 2 - plano de troca com refundição na empresa	78
6.4.3.	Cenário 3 - parceria com assistentes técnicos.	80
6.5.	ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA.....	83
6.5.1.	Cenário 1- Plano de troca.....	83
6.5.2.	Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa....	88
6.5.3.	Cenário 3 - Parceria com assistentes técnicos.....	90
6.6.	AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA.....	99
6.6.1.	Análise preliminar geral.....	99
6.6.2.	Cenário 1- Plano de troca.....	101
6.6.3.	Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa....	105
6.6.4.	Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.	107
6.6.5.	Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.....	111
6.6.6.	Comparação dos três modelos de compressores.	113
6.6.7.	Análise isolada dos modelos de compressores	115
6.7.	AVALIAÇÃO Econômica do ciclo de vida.....	118
6.7.1.	Cenário 1- Plano de troca.....	123
6.7.2.	Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa....	125
6.7.3.	Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.	127
6.7.4.	Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.....	129
6.8.	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO CICLO DE VIDA PELA PERSPECTIVA EMPRESARIAL.....	132
6.8.1.	Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.	132
6.8.2.	Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.....	133
6.9.	ECOFICIÊNCIA	135
6.9.1.	Perspectiva geral	135
6.9.2.	Perspectiva empresarial	137
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	139
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142

1. INTRODUÇÃO

A produção desenfreada de bens de consumo causa a depleção dos recursos naturais gerando impactos não apenas nos recursos naturais, mas também sérias consequências sócio-econômicas. No entanto, nota-se o aumento gradativo da preocupação da sociedade em relação à degradação do meio ambiente, e mesmo os condutores dos processos produtivos industriais veem-se cercados por restrições legais crescentes. Em 20 anos as empresas passaram por três estágios: o desprezo pelo meio ambiente, o controle básico da poluição e, finalmente, a gestão ambiental integrada, que busca promover a economia, conservação, educação, reciclagem, recuperação, potencialização e inovação nos processos produtivos.

Metodologias ambientais como programas de Produção mais Limpa, Programas de Selo Verde, entre outras, ganham importância em um cenário caracterizado por uma legislação mais rigorosa. Por sua vez a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei 12.305 de 2010 – visa adequar e permitir o avanço ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2013), a PNRS também prevê a redução de geração de resíduos, tendo como um de seus objetivos o consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Entre uma das estratégias que visam reduzir os impactos ambientais relativos ao fim de vida dos produtos, está a Logística Reversa, que provê a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, englobando diversos atores nesse processo como: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Srivastava (2007) afirma que a Logística reversa não sacrifica a utilização, qualidade, custo, confiabilidade ou desempenho do produto. Os clientes vêm tornando-se exigentes em relação aos cuidados ambientais que as empresas dão ao sistema de produção e destinação final de seus produtos. Esse fato faz com que as empresas implantem e invistam em atividades de logística reversa, não apenas como fato de obrigatoriedade da Lei, mas também como fator de diferenciação e fidelização dos clientes. Essa é uma entre várias medidas adotadas pela indústria com o intuito de reduzir os passivos ambientais, além de poder resultar em ganhos mercadológicos e econômicos. Dessa forma, o fluxo de materiais ao longo dos canais de suprimento deixa de ser unidirecional, do fornecedor para o cliente; para se tornar bidirecional, do

fornecedor para o cliente e do cliente para o fornecedor (CHAVES; BATALHA, 2006).

Além da logística reversa, outro objeto que também é abordado na Política Nacional de Resíduos Sólidos e vem sendo amplamente discutido na esfera tecnológica é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. A ACV auxilia no melhor entendimento das questões ambientais associadas a quaisquer sistemas de produto ou serviço (GOEDKOOOP et al., 2009), pois identifica e quantifica os pontos mais críticos no sistema produtivo. A ACV tem crescido nos últimos anos e tem progressivamente ganhado espaço nas empresas mais prudentes. Esse método analisa os diversos aspectos ambientais de um determinado sistema (produto, serviço ou organização) avaliando seus impactos ambientais. O mesmo pode igualmente ser usado para comparar um ou mais cenários.

Atualmente, há uma realidade extremamente contraditória, pois apesar de toda a importância da existência dos produtos, a lógica desse sistema redução/design/consumo provoca impactos ambientais significativos (PEREIRA, 2003). A ACV permite caracterizar os impactos associados à cadeia produtiva de um bem ou de um serviço, o que vem a coincidir com o objetivo proposto por este estudo, o qual visa à identificação dos impactos ambientais relativos à logística reversa de compressores de ar. Assim, esse estudo desenvolveu uma compreensão de como a logística reversa pode afetar o desempenho ambiental de um produto. Tendo-se em vista esse fluxo bidirecional de produtos, além da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), foi realizada Avaliação Econômica do Ciclo de Vida (AECV) de cenários de logística reversa para compressores de ar, a fim de determinar o cenário de logística reversa mais ecoeficiente, ou seja, que possua um bom desempenho ambiental e econômico simultaneamente.

2. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, e está inserido na linha de pesquisa Gestão Ambiental em Organizações, sendo que o desenvolvimento desta pesquisa ocorreu no Grupo de Pesquisa em Avaliação de Ciclo de vida e Gestão Ambiental (CICLOG) sob a coordenação do Prof. Sebastião Roberto Soares. O CICLOG realiza pesquisas relacionadas a Avaliação de Ciclo de Vida desde 2006. O grupo concentra-se no aprimoramento da metodologia para a sua melhor aplicação

em estudos de impactos ambientais, desenvolvendo diversas pesquisas na área como: Análise de Métodos de Alocação utilizados em Avaliação do Ciclo de Vida, Estudo Comparativo entre Diferentes Ferramentas de Gestão Ambiental: ACV, Pegada Ecológica e Pegada Carbônica, Análise do Ciclo de vida da produção de Microalgas para Biodiesel, entre outros.

Este estudo foi realizado na empresa Schulz, fabricante de compressores, situado em Joinville (Santa Catarina, Brasil). Kazazian (2005) afirma que os compressores podem ser considerados poluidores nômades, pois cada etapa de seu ciclo de vida produzirá impactos negativos sobre o meio ambiente (poluição, resíduos, nocividades) em diferentes lugares do planeta, gerando um duplo desequilíbrio: de um lado, o esgotamento dos recursos naturais, de outro um aumento crescente dos resíduos provenientes do consumo.

A fim de enquadrar-se na PNRS (2010), a empresa pretendeu realizar o estudo econômico de cenários de logística reversa para que essa esteja integrada ao ciclo de vida de seus compressores. Os compressores são compostos basicamente de metais (aço, ferro fundido e alumínio) e polímeros (poliuretano, polietileno e borrachas), totalizando uma média de 85% da massa em materiais recicláveis. A montagem e parte dos componentes dos compressores são produzidos na cidade de Joinville, no estado de Santa Catarina, onde localiza-se a sede da empresa. Após a venda desse equipamento, a responsabilidade sobre a destinação do produto ao fim do seu ciclo de vida é transferida da empresa para o cliente.

Uma das justificativas de executar a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) conjuntamente a Avaliação Econômica do Ciclo de Vida (AECV), termo também conhecido em inglês como Life Cycle Cost (LCC) é que os resultados obtidos são úteis para apoiar decisões relativas à operação, concepção de produtos e estratégias de negócios. A ACV é considerada uma das metodologias de avaliação de impactos ambientais mais completas pela sua natureza quantitativa e qualitativa de avaliação dos danos causados durante todos os estágios da vida do produto, já a AECV avalia todo o ciclo de vida do produto por meio de uma perspectiva econômica.

Esse estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da logística reversa em diversos cenários de reintegração do produto à cadeia produtiva. Contribuiu de forma científica para a sociedade devido seu grau de exclusividade no assunto, pois identificou-se métodos e soluções a serem adotadas a fim de reduzir o passivo ambiental que esses produtos causam em seu fim de vida. E também para que a empresa possa se adequar à

Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e minimizar a extração de matérias primas.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Realizar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Avaliação Econômica do Ciclo de Vida (AECV) de cenários de logística reversa para compressores de ar produzidos na cidade de Joinville/SC.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar cenários de logística reversa aplicáveis para a realidade da empresa estudada;
- b) Quantificar os impactos ambientais dos cenários de logística reversa;
- c) Quantificar e analisar custos para cada cenário;
- d) Comparar os cenários com base nos resultados ambientais e econômicos;
- e) Identificar o cenário mais ecoeficiente.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. LOGÍSTICA REVERSA

De acordo como o *Reverse Logistics Executive Council*¹, o, o conceito de Logística Reversa pode ser definido como:

“o processo de planejar, implementar e controlar de um modo eficiente o fluxo de materiais, estoque em trânsito, produtos acabados e informação relacionada, desde o **ponto de consumo até a origem para recuperar o valor dos materiais e dar a eles um destino adequado**”. (negritos nossos)

Outra definição de logística reversa, proposta por Rogers e Tibben-Lembke (2006), também enfatiza a importância da gestão do ponto de consumo até a origem:

“Processo de planejamento, execução e controle eficaz e eficiente do fluxo de matérias-primas, produtos em processo ou acabados, bem como a informação relacionada ao processo, do ponto de consumo ao ponto de origem (para reutilização) com o objetivo de recuperar valor ou realizar a destinação adequada.”

Leite (2003) entende logística reversa como:

“a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.”

A logística reversa é um processo complementar à logística tradicional, pois enquanto a última tem o papel de levar produtos do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo, a logística reversa deve completar o ciclo (LACERDA, 2002). Dessa forma reinserindo o produto ao ciclo produtivo do mesmo ou de novos produtos, cabendo ao produtor encarregar-se da coleta de modo que os clientes possam retornar o produto sem custos adicionais (WANG; GUPTA, 2011). Assim, a logística reversa é um conjunto de atividades que tem a finalidade de assegurar uma recuperação sustentável dos produtos de forma a prejudicar o mínimo possível o meio ambiente. Segundo Leite (2003, p. 16):

¹ Reverse Logistics Executive Council – RLEC. www.rlec.org

A logística reversa pertence à área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, a fim de agregar valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Conforme a Política Nacional dos Resíduos Sólidos:

A logística reversa é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010b).

As diversas definições se devem, em parte, à constante evolução do conceito de logística reversa e às diversas possibilidades de negócios relacionados à área (LEITE, 2003).

Entre as definições está aquela apresentada por Srivastava (2007), que aborda a logística reversa como a integração de considerações ambientais e atividades típicas da logística reversa. Vê-se que o escopo da logística reversa abrange muitas áreas como: a gestão dos riscos ambientais, segurança do produto, saúde e segurança do trabalho, prevenção da poluição, conservação de recursos e gestão de resíduos.

Leite (2003) destaca dois tipos de logística reversa: a pós-venda e a logística reversa pós-consumo, como pode ser visualizado na Figura 1.

O objetivo da logística reversa pós-venda é agregar valor a um produto logístico que é retornado ao fabricante por razões comerciais, erros no processamento dos pedidos, garantia/qualidade dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento no produto, entre outros.

O objetivo estratégico da logística reversa pós-consumo é agregar valor a um produto que atingiu o fim de sua vida útil, podendo ser constituído de bens sem utilidade ou que ainda possuam condições de utilização pelo proprietário original. Esses produtos pós-consumo poderão se originar de bens duráveis ou descartáveis e serem utilizados para: reuso, desmontagem, reciclagem ou para a destinação final. A logística reversa de pós-consumo deverá também prever (planejar, operar e controlar) o fluxo

de retorno dos produtos de pós-consumo, classificando-os em função de seu estado de vida e origem: “Em condições de uso”, “Fim de vida útil”, e “Resíduos Industriais”.

A classificação “em condições de uso” refere-se às atividades em que o bem apresenta condições de reutilização, estendendo sua vida útil e até entrar no canal de “reuso”, em mercado de segunda mão, até atingir o seu “fim de vida”, na qual o produto poderá ser desmanchado em parte ou na totalidade e ser reciclado ou acrescentando novas peças, chamado de remanufatura (LEITE, 2003).

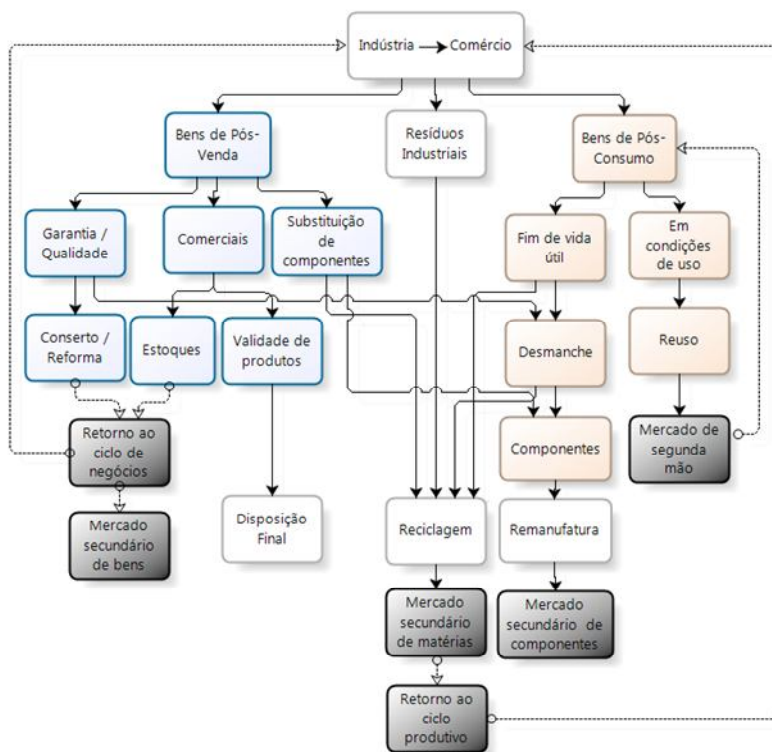
De acordo com Srivastava (2007), o objetivo da remanufatura é trazer produtos utilizados até a qualidade de um novo. Para Fleischmann (1997), o objetivo da remanufatura é recuperar o valor ainda incorporado em um produto usado.

Na eliminação de bens pós-consumo descartáveis, havendo condições logísticas, tecnológicas e econômicas, os produtos retornam por meio do canal de reciclagem industrial. Além da remanufatura e da reciclagem os produtos logísticos de pós-consumo podem ser enviados a destinos tradicionais, como a incineração ou aterro sanitário (LEITE, 2006).

A escolha de destinação final dada ao bem pós-consumo requer a consideração de diversos fatores como: impactos ambientais gerados, qualidade, legislação, custo, entre outros (WANG; GUPTA, 2011).

No fluxograma as caixas em azul representam os bens de consumo pós-venda e em rosa os bens de pós-consumo.

Figura 1. Fluxograma da atuação da logística reversa.



Fonte: Adaptado de Leite (2006).

Há diversos motivos para a instauração da logística reversa, eles são:

- **eficiência econômica:** o sistema de logística reversa, quando acompanhado de inovação em produtos e processos, pode gerar novas fontes de lucro, compensando, muitas vezes, o custo com o investimento inicial feito e por vezes tornando a recuperação de produtos usados economicamente mais atrativo que a disposição final (DEMAJOROVIC et al., 2012; FLEISCHMANN et al., 1997).
- **marketing ambiental ou ganho de imagem** que a empresa pode ter perante seus acionistas, além de sobrepujar o prestígio da marca e sua imagem no mercado de atuação. A adequação às legislações ambientais é

um dos fatores que mais vem sendo discutido no que diz respeito a fim de vida útil e logística reversa (SEITZ, 2007).

- responsabilidade ética e moral: dentro da literatura sobre gestão de bens pós-consumo e ciências sociais ambientais, a responsabilidade moral e ética tem sido muitas vezes identificada como um motivador para a realização da logística reversa. O conceito de responsabilidade social corporativa afirma que uma empresa é moralmente e eticamente responsável pelos impactos relativos a gestão da cadeia de suprimentos e a logística reversa tem destacado o papel de “cidadania corporativa” (SEITZ, 2007).

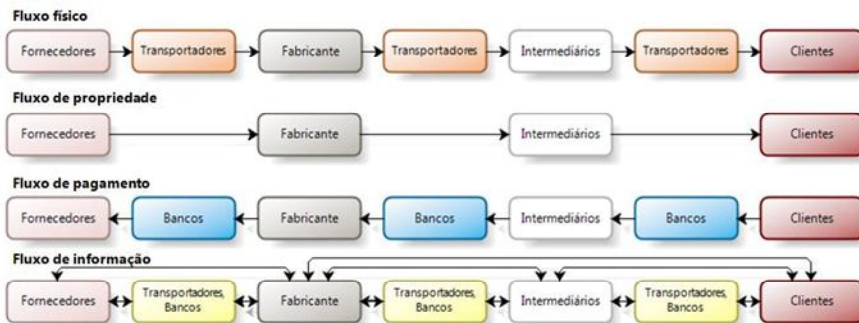
4.1.1. Canais de distribuição ou Canais de Marketing

Conforme definido por Bowersox e Closs, (2011) canal é o meio pelo qual um sistema livre de mercado realiza a transferência de propriedade de produtos e serviços. A maioria dos fabricantes não vende seus bens diretamente aos usuários finais. Entre os fabricantes e os usuários há um canal de distribuição. As decisões dos canais de distribuição estão entre as mais críticas que a administração enfrenta. Os canais escolhidos pela empresa afetam diretamente todas outras decisões de marketing.

De acordo com Kotler (1998) cada membro do canal desempenha uma função chave. Algumas delas (por exemplo, a transferência física, propriedade e promoção) constituem o fluxo para frente (atividades da empresa para o consumidor); outras (como o pedido e o pagamento) são o fluxo para trás, ou reverso (atividades do consumidor para a empresa), algumas outras funções (como informações, negociação, financiamento e risco) constituem o fluxo nos dois sentidos.

A complexidade de um canal fica mais clara ao visualiza-los em um diagrama conforme a Figura 2.

Figura 2. Quatro diferentes fluxos de canal de distribuição.



Fonte: Adaptado de Kotler (1998).

Cada intermediário que desempenha um encargo para levar o produto até o cliente final, constitui um nível de canal (KOTLER, 1998). Uma vez que o produtor e o consumidor final desempenham alguma função, eles são parte do canal e, em função do número de intermediários neste canal, este pode ser classificado como:

- canal de nível zero ou de marketing zero consiste em um fabricante que vende diretamente para o consumidor final.
- canal de nível um tem apenas um intermediário de venda, como um varejista.
- canal de dois níveis possui dois intermediários, em mercado de bens de consumo, normalmente há um atacadista e um varejista.
- canal de três níveis é formado de três intermediários, como por exemplo, quando os grandes atacadistas vendem para os pequenos atacadistas (*jobbers*), os quais revendem aos pequenos atacadistas. Canais de distribuição mais longos também são encontrados.

Assim é importante identificar quais os membros de um canal, ou seja, quais organizações deverão, ou poderão, desempenhar atividades na logística reversa. Existe um consenso de que alguma pessoa específica, grupo ou departamento deve ser diretamente responsável pela logística reversa independente de uma organização utilizar os mesmos ou diferentes cadeias para a distribuição de produtos ou para a logística reversa (STOCK, 2009).

4.1.2. Logística reversa pós-consumo

É recente a preocupação por parte das empresas com relação aos canais de distribuição reversa. Os canais de distribuição reversa são etapas, formas e meios em que uma parte desses produtos, com pouco uso após a venda, com ciclo de vida útil ampliado ou após extinta a sua vida útil, retorna ao ciclo produtivo ou de negócios, readquirindo valor em mercados secundários pelo reuso ou reciclagem de seus materiais constituintes (LEITE, 2006).

O canal de distribuição reverso pós-consumo se caracteriza por gerir produtos oriundos de descarte após uso, que podem ser reaproveitados de alguma forma ou descartados (CHAVES et al., 2005). Desta forma nota-se que, no fluxo reverso, deve ser decidido o que fazer com cada produto. Inicia-se por identificar o produto, avaliar o seu estado, verificar se uma parcela poderá ser reintegrada ao ciclo produtivo na fabricação de outros produtos similares ou distintos do original, ocorrendo a valorização dos seus materiais constituintes (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010).

O processo de logística reversa aborda questões mais amplas que simples devoluções. Por exemplo, um dos objetivos da logística reversa é reduzir a poluição do meio ambiente e os desperdícios de insumos pela reutilização e reciclagem de produtos (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010). Para que esse fluxo reverso ocorra em harmonia e desfrutando de todos os benefícios que ele possa trazer, o sistema depende dos diversos atores da cadeia produtiva, como clientes e intermediários, se disponham a colaborar no processo de retorno dos bens (DEMAJOROVIC et al., 2012).

Embora os canais de distribuição reversos pós-consumo possam ser canais de distribuição de pós-consumo de bens duráveis e semiduráveis, de ciclos abertos e fechados, canais de distribuição de bens recicláveis ou canais de distribuição de pós-consumo dos resíduos industriais. No presente estudo, foram abordados somente os canais reversos pós-consumo de bens duráveis, nesse caso de compressores de ar.

4.1.3. Normatização

A logística reversa é apresentada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 e Decreto nº 7.404), aprovada e regulamentada em 2010. Esta dispõe sobre todos os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os sistemas de logística reversa.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos está integrada a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) e relacionada com a Política Federal de Saneamento Básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007) e com a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999) (BRASIL, 2010b), bem como a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.865 de 1998).

O Edital para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes, lançado em 2013, discute o fato de que a logística reversa contribui para eliminar o descarte dos equipamentos obsoletos ou defeituosos sem nenhum controle, o que poderá provocar contaminação ambiental. Além disso, há a necessidade de reduzir quantidade desses resíduos, incentivando sua reutilização e valorização determinando uma gestão adequada e garantindo a proteção ambiental.

As responsabilidades previstas na Lei nº 12.305/2010 deverão ser aplicadas prioritariamente aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos seguintes produtos (BRASIL, 2010b):

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens;
- pilhas e baterias, pneus;
- óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista,
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Segundo a PNRS é dever dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes estruturar e implementar um sistema de logística reversa mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Esta nova prática acontecerá de forma progressiva a partir de 2012, promovendo a participação e inclusão de associações e cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, habilitadas e validadas pelo Comitê Interministerial da PNRS (BRASIL, 2011), independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Em fevereiro de 2013, foi publicada a Chamada para a Elaboração de Acordo Setorial, para a implantação de sistemas de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, no entanto, as discussões sobre a elaboração de acordos setoriais ainda estão em andamento a fim de

definir detalhes referentes a logística reversa dos equipamentos em questão (BRASIL, 2011).

Segundo o artigo. 19 do Decreto 7.404/10, criado com o objetivo de estabelecer normas para execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os acordos setoriais são atos de natureza contratual, conveniados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes e têm como objetivo a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto sendo responsáveis pela destinação final ambientalmente adequada desses equipamentos, bem como de seus componentes ou retorno do produto ao seu ciclo produtivo.

Em relação às metas relativas à logística reversa pós-consumo de alguns produtos, conforme previsto na Lei 12.305/2010 e no Decreto 7.404/2010, as mesmas ainda estão em processo de desenvolvimento, conforme previsto no conjunto de documentos que integram a PNRS (BRASIL, 2011).

Visando a implementação da logística reversa, deverão estar contidos os seguintes requisitos nos acordos setoriais (BRASIL, 2010a):

- indicação dos produtos e embalagens objetos da logística reversa;
- descrição das etapas do ciclo de vida em que o sistema de logística reversa se insere;
- descrição da forma de operacionalização da logística reversa;
- possibilidade de contratação de entidades, cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis os quais darão a destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens;
- participação de órgãos públicos nas ações propostas, quando esses se encarregarem de alguma etapa da logística a ser implantada;
- definição das formas de participação do consumidor;
- mecanismos para a divulgação de informações relativas aos métodos existentes para evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos e embalagens;
- metas e cronograma para a implantação da logística reversa, contendo a previsão de evolução até o cumprimento da meta final estabelecida;
- informações sobre a possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados;
- identificação dos resíduos perigosos presentes nas várias ações propostas e os cuidados e procedimentos previstos para minimizar ou eliminar seus riscos e impactos à saúde humana e ao meio ambiente;

- avaliação dos impactos sociais e econômicos da implantação da logística reversa;
- descrição do fluxo reverso de resíduos, a discriminação das várias etapas da logística reversa e a destinação dos resíduos gerados, das embalagens usadas ou pós-consumo e, quando for o caso, das sobras do produto.

4.1.4. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos

A Europa está liderando o caminho para reduzir o desperdício relativo ao fim de vida de produtos eletrônicos, automotivos e embalagens em seus aterros. A exigência para que os fabricantes e distribuidores realizem a logística reversa de produtos perigosos e encaminhem as embalagens para reciclagem ou reutilização é constante (KUMAR; PUTNAM, 2008).

Atualmente, a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) tem atraído atenção especial em relação a sua disposição final. Isso ocorre pelo fato de possuírem uma grande quantidade de componentes que podem ser reciclados e recuperados, outro motivo é que o processo de produção de eletroeletrônicos requer uma grande quantidade de substâncias que representam ameaças potenciais para o ambiente e saúde humana, caso não sejam recuperados ou eliminados de forma adequada. Essa ameaça sensibilizou consumidores e legisladores de diferentes países a fim de implementar leis específicas e diretrizes para a gestão do fim de vida desses produtos e regulamentar o emprego de materiais perigosos nesses produtos (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT e GALLO; ROMANO; SANTILLO, 2011). As empresas vêm colocando planos em prática para devoluções de produtos, reciclagem e para reestruturar os seus produtos para atender a esses requisitos. É interessante notar que as pressões institucionais e a concorrência do mercado desempenham um papel vital para a boa execução da logística reversa (KUMAR; PUTNAM, 2008).

A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, em geral, é realizada por meio da manufatura reversa (ABNT, 2010; ABNT, 2013; ABNT/CB-03: 1º PROJETO 03:111.01-009, 2012), ou seja, os materiais são desmontados, e os componentes são separados em categorias (plásticos, metais, vidros, por exemplo) para então serem tratados, transformados e posteriormente reaproveitados como matéria-prima em outros processos industriais. Após a segregação os materiais recicláveis podem ser utilizados como matéria prima de novos processos produtivos (SILVA et al., 2009). A fim de

facilitar o reaproveitamento do produto pós-consumo e reduzir os impactos ambientais causados em todo o ciclo de vida é necessário: minimizar o número de matérias primas, de componentes, de consumo de energia, facilitar a separação entre os diferentes materiais, ampliando o ciclo de vida do equipamento e aumentando o uso de materiais recicláveis (WANG; GUPTA, 2011). A separação desses materiais pode ser realizada de forma mais eficiente caso os produtos tenham sido projetados considerando o fim de vida com intuito de promover sua própria reciclagem (SILVA et al., 2009). No entanto, após a separação das partes recicláveis, os materiais contaminados ou não recicláveis devem ser destinados a aterros sanitários controlados, aterros industriais ou serem incinerados.

A seleção de materiais para a fabricação de um produto que possa satisfazer o cliente e o produtor simultaneamente é bastante complicada. No momento que são acrescentadas exigências a fim de incorporar as necessidades ambientais, a seleção de materiais torna-se ainda mais difícil. Há uma grande variedade de matérias primas, as quais podem ser selecionadas de forma a atender todas as obrigações, cada uma com as suas vantagens e desvantagens (WANG; GUPTA, 2011).

As matérias primas básicas para a produção de eletroeletrônicos segundo Wang e Gupta (2011) são:

- metais como aço, alumínio e ferro, que têm a vantagem de serem materiais fortes, duráveis facilmente moldáveis. No entanto, possuem a desvantagem de serem facilmente corroídos. Metais possuem uma boa capacidade de recuperação, são fáceis de reciclar e de separar.
- polímeros termo plásticos como PVC e polipropileno são baratos, leves, resistentes, facilmente moldáveis e resistentes a corrosão. Como desvantagem estão a baixa resistência a peso e a temperatura. As vantagens ambientais são a facilidade de refundição e de separação e a infra-estrutura de recuperação do material.
- polímeros termofixos, como epóxi e poliuretano são baratos, leves, resistentes, facilmente moldáveis, resistentes a corrosão e a altas temperaturas. As desvantagens são a baixa resistência a peso, além de serem tóxicos quando queimados. São difíceis de serem reciclados, pulverizados ou incinerados e a tecnologia de separação entre outros materiais é difícil.

A desmontagem do produto ainda é grande desafio para a implantação de um sistema logístico aplicável à realidade atual da gestão de resíduos eletroeletrônicos de grande porte no país, devido a grande

quantidade e variedade de modelos e marcas existentes no mercado (SILVA et al., 2009).

Além dessa dificuldade um estudo realizado por Gallo, Romano e Santillo (2011) constatou que o maior impacto da logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos na Itália é o tempo em que o resíduo permanece nos *pools* de materiais aguardando pela coleta. A sua duração pode compreender até 81% do tempo total da logística reversa. Outro valor significativo é o tempo de espera para o produto obsoleto ser recolhido dos clientes finais, responsável por 17% do tempo total da logística reversa.

A GM&CLOG (2013), empresa especializada em logística e transporte, publica em seu site, opiniões que corroboram os resultados de Gallo; Romano; Santillo (2011), o tempo do ciclo completo de logística reversa é um fator essencial para um bom desenvolvimento desta atividade. Sakai; Gomes; Bastos (2012) afirmam que a rede logística deve estar bem estruturada para atender as operações de logística reversa, integrando pontos de coleta, instalações de processamento e armazenagem, até o destino final, interligados de forma eficiente. A gestão adequada da logística reversa com bom nível de serviço, armazenagem, transporte, fluxo de materiais e sistema de informação apropriado, gera redução de custos em comparação com um serviço mal estruturado.

Zanghelini (2013), o qual realizou um estudo sobre cenários de pós-uso de um compressor de pistão lubrificado, demonstrou que avaliando todo o ciclo de vida do produto o cenário de remanufatura foi o menos impactante ambientalmente, seguido pela reciclagem e aterramento. Além disso, foi demonstrado que as etapas compreendidas na ACV influenciam na escolha do melhor cenário. Caso seja analisada somente a etapa de pós-uso, o aterramento é preferível aos demais cenários, reforçando a importância do correto estabelecimento das mesmas em um estudo envolvendo a ACV de pós-uso, principalmente remanufatura.

4.1.5. Logística reversa como fator gerador de vantagem competitiva

A economia mundial vem sofrendo uma grande mudança nas duas últimas décadas. As distâncias geográficas e culturais estão se reduzindo significativamente com o aparecimento dos aviões a jato, redes de comunicação mundial, televisão por satélite, entre outros. Durante os anos 90, diversas companhias reconheceram a importância de atenderem as exigências dos consumidores e ao mesmo tempo para as suas atividades. Hoje percebe-se que não é suficiente ser orientada para o produto ou para a

tecnologia. Muitas empresas esquecem o consumidor após venda e os perdem para os concorrentes (KOTLER, 1998).

O conceito de logística reversa mudou, impulsionado pelo aumento da preocupação com questões de preservação do meio ambiente por meio da pressão exercida pela legislação e a constante busca pela redução de perdas por parte das empresas e distribuidores.

Esta mudança na cultura de consumo por parte dos clientes tem incentivado a logística reversa. Stock (2004) destaca que algumas organizações vêm percebendo que uma melhor compreensão da gestão eficiente da logística reversa pode proporcionar-lhes uma vantagem competitiva, beneficiando os clientes e a empresa. A logística pode ser uma forma de oferecer um serviço diferenciado para o cliente e gerar uma vantagem competitiva frente aos concorrentes. Apesar dos esforços de uma empresa para comunicar às pessoas no mercado que seus produtos e marcas têm características que podem satisfazer os desejos do cliente, a decisão final de comprar ou não o produto continua pertencendo ao consumidor (PALHARES, 2003). No entanto, a grande parte das organizações ainda está mais propensa a perceber a função da logística reversa como um custo adicional a ser suportado (STOCK, 2004).

Para Chaves e Batalha (2006), uma empresa deve ser capaz de criar e operacionalizar estratégias que as diferenciem de seus concorrentes e as habilitem para a obtenção de vantagens sustentáveis. Além disso, devem ser capazes de se manterem em longo prazo. Para isso os serviços logísticos devem ser realizados de forma diferenciada, uma destas formas é atendendo às necessidades de clientes com preocupações específicas como propiciar aos clientes a entrega precisa de produtos, e promovendo suporte ao produto após sua venda ou consumo. É indispensável possuir um serviço de qualidade e uma equipe instruída com esse fim. Além de uma equipe bem treinada, os consumidores também podem ser a parte mais importante da cadeia de logística reversa, esse fato só será possível se eles interagirem nessas atividades (ROGIC; BAJOR; ROZIC, 2010).

Em alguns países, como os EUA, a ferramenta estratégica em empresas competitivas é ter um cliente satisfeito e fiel e toda a logística reversa é baseada em satisfazê-lo, já o mercado Europeu está bastante focado na proteção ambiental. O fato é que a globalização afeta toda a cadeia de logística reversa e todos seus participantes (ROGIC; BAJOR; ROZIC, 2010). Segundo Brown (2010), os consumidores querem garantir a qualidade do meio ambiente, mas a maioria apenas abraçará as iniciativas

da logística reversa se não houver custos e for de fácil aderência em questão de tempo e esforço.

Um programa que é difícil de ser seguido ou obriga as pessoas a se deslocarem por toda a cidade para descartar itens em um ponto de coleta ou tenha qualquer adição de custos, não é uma opção viável. Quando os consumidores confrontam-se com funções adicionais, eles estarão menos dispostos a comprar de uma empresa. Nesse caso haverá um grande risco da empresa patrocinadora ter um impacto negativo no longo prazo.

4.1.6. Fatores críticos que influenciam a eficiência da logística reversa

Segundo Srivastava (2007), a logística reversa trata-se de uma atividade complexa e difícil. Há um grande número de parâmetros, variáveis de decisão e restrições estão envolvidas, juntamente com um grande número de requisitos de estimação, tais como aqueles de espera demandas e retornos e os critérios de custos associados a cada decisão.

Atualmente, as empresas que procuram reduzir o impacto ambiental de seus produtos e cadeias de abastecimento ainda enfrentam dois desafios significativos: primeiro, eles devem gerar e interpretar as informações necessárias para avaliar o desempenho ambiental; e, em segundo lugar, eles têm que fornecer às pessoas que estão em posição de agir sobre ela (EARLY et al., 2009).

Dependendo do planejamento, a logística reversa de um produto pode ser realizada com maior ou menor eficiência. Lacerda (2009) lista alguns fatores críticos que contribuem positivamente para o desempenho do sistema como:

- bons coletores de entrada: com a identificação da qualidade dos produtos para que esses possam seguir corretamente o fluxo reverso. Normalmente quando se dá o descarte de um compressor após em média 10-15 anos de uso, esse já não estará mais em condições de reutilização;
- processos padronizados e mapeados: uma grande dificuldade para os gestores de logística é quando esta é tratada como um processo esporádico e não regular. Mapear, estruturar e formalizar é de fundamental importância para um bom desenvolvimento do processo;
- tempos de ciclos reduzidos: tempo de ciclo é o tempo entre a identificação da necessidade de reciclagem ou disposição, retorno de produto e seu processamento. Tempos de ciclos longos acrescentam custos ao produto relativos ao espaço ocupado e atrasam a geração de caixa;

- sistemas de informação: construir um sistema de informação monitorado capaz de medir o desempenho de fornecedores, medição dos tempos de ciclos, rastreamento de retornos ainda é um grande desafio;
- rede logística planejada: Há a necessidade da definição de uma infraestrutura adequada para lidar com os fluxos de entrada e saída de materiais;
- relações colaborativas entre empresa e cliente: Práticas mais desenvolvidas de logística reversa só são possíveis quando há relações entre empresa e cliente no sentido de se auxiliarem mutuamente.

4.2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Atingir o desenvolvimento sustentável requer métodos e ferramentas que ajudem a quantificar e comparar os impactos ambientais do fornecimento de bens e serviços para a sociedade. Os bens de consumo são criados e usados porque eles satisfazem uma necessidade, seja ela muito notável ou pouco percebida (REBITZER et al., 2004).

Diferentes ferramentas, conceitos e ideias têm sido desenvolvidos neste campo nos últimos 20-30 anos, dentre elas destaca-se a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Especificamente, neste estudo, a ACV contribuiu para a verificação do cenário mais viável do ponto de vista ambiental. As alterações do trajeto, das destinações finais e dos pontos de coletas implicam em alterações na geração de impactos ambientais nas várias fases associadas a esse processo. Desta forma, a metodologia de ACV torna-se particularmente interessante, uma vez que permite identificar e quantificar os impactos ambientais de todas as fases do processo.

A ideia de ciclo de vida foi formalizada, sobretudo, com a implementação em 1996 das normas série ISO 14.000. O método de ACV foi uma das primeiras tentativas de sistematização do exame dos fatores ecológicos no design de produtos. Os anos 70 foram caracterizados pela introdução dos procedimentos de “controle de poluição”; os anos 80 foram marcados pelas ações de “planejamento ambiental”; os anos 90 se caracterizaram pela globalização dos conceitos e por uma verdadeira iniciativa de sistematização das ações (PEREIRA, 2003). Atualmente o conceito de ciclo de vida é o pré-requisito de qualquer avaliação de sustentabilidade. Não faz sentido melhorar (ambiental, econômica ou socialmente) uma etapa do ciclo de vida, se esta "melhoria" tem consequências negativas para outras partes do sistema que podem superar as vantagens obtidas (KLÖPFFER, 2003).

A ACV é uma entre várias metodologias de gestão ambiental de suporte de decisão para comparar o impacto ambiental dos produtos, levando-se em conta todos os insumos por ela utilizados e todos os produtos e subprodutos por ela gerados (MATHEYS et al., 2007).

A regulamentação da ACV no Brasil é dada pelas normas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044 atualizadas no ano de 2009. A ACV pode subsidiar: a identificação de oportunidades para melhoria dos impactos ambientais de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida, o nível de informação dos tomadores de decisão na indústria e nas organizações governamentais ou não governamentais, a seleção de indicadores de impacto ambiental relevantes, incluindo técnicas de medição; marketing e informação dos consumidores (ABNT, 2009b); identificação de gargalos na produção de um bem, inovação em um determinado produto, entre outros.

A ACV enfoca os aspectos e os impactos ambientais potenciais, como por exemplo: o uso de recursos e as consequências de liberações para o ambiente ao longo de todo ciclo de vida de um produto. Isso ocorre desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final, ou seja, do berço ao túmulo (ABNT, 2009b).

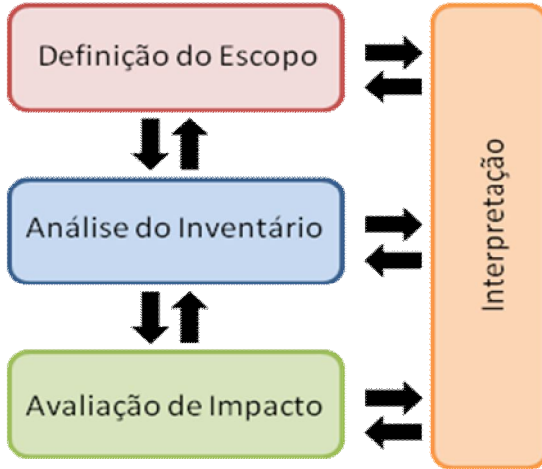
A gestão ambiental moderna prescreve práticas de produção sustentável que se concentram na prevenção na geração de resíduos e responsabilidade em relação a extração de recursos naturais. O foco na recuperação de recursos, reciclagem e reutilização passa a ser descrito como gestão berço ao berço (KUMAR; PUTNAM, 2008).

Como na utilização de qualquer modelo, a confiabilidade do resultado depende, principalmente, da confiabilidade dos valores atribuídos aos parâmetros. Em virtude do tamanho dos sistemas analisados em ACV os dados que são utilizados podem ser valores médios, estimados ou ainda dados provenientes de um sistema semelhante àquele em estudo (PEREIRA, 2004). Para Matheys et al. (2007), as variações na qualidade dos dados, estimativas realizadas, hipóteses e limitações impostas ao próprio modelo introduzem incertezas em todas as fases do ciclo de vida do produto ou serviço. A análise de sensibilidade, por sua vez, estuda a influência das variações dos dados de entrada no sistema. O método será considerado sensível caso a variação dos valores iniciais acarretem em modificações no resultado (PEREIRA, 2004).

4.2.1. Fases da ACV

Um estudo de ACV é composto por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, fase de avaliação de impactos e fase de interpretação (Figura 3).

Figura 3. Estrutura da ACV e suas quatro fases.



Fonte: ABNT (2009a).

Definição de Objetivo e Escopo

O escopo de uma ACV, incluindo a fronteira do sistema e o nível de detalhamento, depende do objeto e do uso pretendido para o estudo. A profundidade e a abrangência da ACV podem variar consideravelmente, dependendo do objetivo do estudo em particular (ABNT, 2009b). A norma enfatiza que o objetivo e escopo de uma ACV devem ser claramente definidos e ser coerentes com a aplicação pretendida. Devido à natureza interativa da ACV, o escopo pode ter que ser ajustado durante o estudo.

Ao definir o objetivo de uma ACV, alguns itens devem ser definidos como: a aplicação pretendida; as razões para a realização do estudo; o público-alvo e também se os resultados serão comparados e divulgados (ABNT, 2009b).

Para a definição do escopo os itens que devem ser definidos são: o sistema de produto a ser estudado; as funções do sistema de produto; a unidade funcional; as fronteiras do sistema; os procedimentos de alocação;

os cenários de gestão de resíduos; os cenários de transporte; a metodologia de avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e tipos de impactos; a interpretação a ser utilizada; os requisitos de dados; os pressupostos; a escolha de valores e elementos opcionais; as limitações; os requisitos de qualidade dos dados; o tipo de revisão crítica e também o tipo e formato do relatório requerido para o estudo. Na fronteira do sistema são determinados quais processos elementares devem ser incluídos na ACV; sua seleção deve ser consistente com o objetivo do estudo e os critérios que serão utilizados na sua determinação devem ser identificados e explicados (ABNT, 2009b).

A unidade funcional (UF) é a base de uma ACV, uma vez que define o padrão para comparação e todos os dados coletados na fase de inventário devem ser relacionados à UF. A mesma deve ser consistente com o objetivo e escopo. Um dos principais propósitos de uma UF é fornecer uma referência em relação a qual os dados de entrada e saída são padronizados (ABNT, 2009b). Ela permite a comparação de produtos ou sistemas diferentes que exercem a mesma função perante a sociedade (PALHARES, 2003).

Os autores Matheys et al. (2007), ressaltam a importância de se escolher uma unidade funcional adequada, pois a escolha pode influenciar o resultado final do estudo. Às vezes a escolha da UF é mais difícil quando diferentes parâmetros correlatos devem ser considerados podendo influenciar nas conclusões.

Após a definição dos objetivos do estudo e da UF, as fronteiras do sistema podem ser definidas. Para isso é necessário primeiramente identificar o sistema, ou seja, analisar todas as operações que contribuem no ciclo de vida do produto. As entradas no sistema podem ser contabilizadas na forma mais tradicional, de energia e matéria. Teoricamente todos os processos necessários para a execução do produto, embalagem ou serviço devem estar contidos nessa etapa de definição de objetivo e escopo. Na prática, alguns processos acabam sendo excluídos, como por exemplo quando são idênticos em todos os sistemas em que estão sendo comparados (PALHARES, 2003).

A alocação consiste na divisão adequada dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outros sistemas de produtos (ABNT, 2009a). Os procedimentos de alocação devem ser aplicados de forma uniforme a entradas e saídas similares do sistema em consideração. Por exemplo, se a alocação for realizada para produtos utilizáveis que deixam o sistema, então o procedimento de alocação deve ser similar ao utilizado para tais produtos

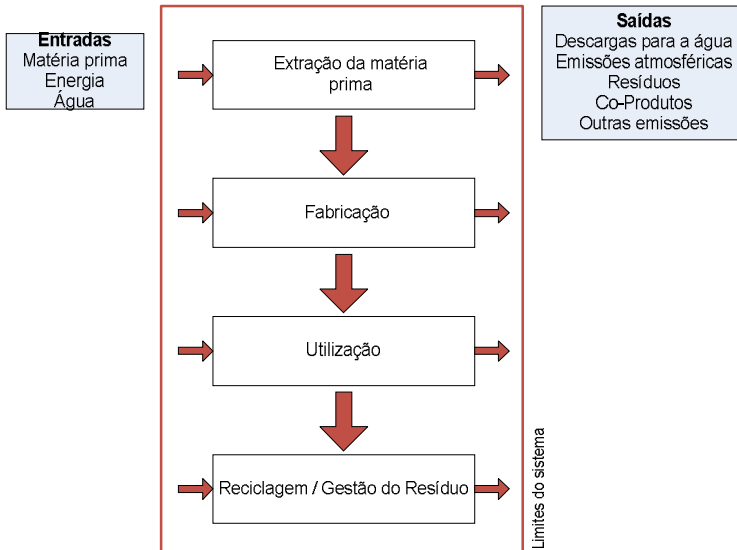
entrando no sistema (ABNT, 2009b). A alocação se faz necessária quando um sistema a ser estudado apresenta um processo multifuncional que utilize uma ou mais funções para o ciclo de vida. Existem vários métodos de alocação, mas não há um consenso entre a comunidade científica, de quais métodos são mais adequados para situações específicas (RAMIREZ, 2009).

Análise de Inventário de Ciclo de Vida (AICV)

Compreende o registro dos dados de entrada/saída associados ao sistema em estudo. Esta fase envolve a contabilização dos insumos necessários para o alcance dos objetivos do estudo em questão (ABNT, 2009b). A norma declara que os dados qualitativos e quantitativos a serem incluídos no inventário devem ser coletados para cada processo elementar incluindo a fronteira do sistema.

A Figura 4 ilustra um fluxograma de entradas e saídas do sistema e a sua fronteira definida.

Figura 4. Fronteiras dos sistemas abordados nesta ACV.



Fonte: Adaptado de Chehebe (1998).

A condução de uma análise de inventário é um processo iterativo. À medida que os dados são coletados e se amplia o conhecimento sobre o

sistema, novos requisitos ou limitações dos dados podem ser identificados, requerendo mudança nos procedimentos de coleta de dados, de modo que os objetivos do estudo possam ser satisfeitos. Às vezes, podem ser identificadas condições que requeiram revisões do objetivo ou do escopo do estudo (ABNT, 2009a). No caso de não haver a possibilidade ou viabilidade de realizar a coleta dos dados, há possibilidade de utilização de bases de dados relativa à realidade de outros projetos e possivelmente da literatura existente.

Avaliação de Impacto

A fase de avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) é a terceira fase da ACV. O objetivo da AICV é prover informações adicionais para ajudar na avaliação dos resultados do inventário do ciclo de vida (ICV) de um sistema de produto, visando o melhor entendimento de sua significância ambiental (ABNT, 2009b). Esta é a etapa que transforma as informações contidas no inventário por meio de *softwares* em indicadores que permitem associar ações a possíveis efeitos sobre o meio ambiente (PALHARES, 2003).

O Sistema de Produto ou Serviço pode ser analisado por meio de diversos métodos de avaliação de impactos. Entre eles destacam-se: o Eco-indicator 99, CML, EPS, EDIP, ReCiPe. O método ReCiPe (2008), selecionado para esse estudo, é um método atual criado pela união especialistas da *Radboud University Nijmegen*, *National Institute for Public Health and Environment (RIVM)*, *Institute of Environmental Sciences (CML)*, and *PRé Consultants*. Tal método possui uma abordagem tanto midpoint quanto endpoint. Nesse trabalho foi utilizada a abordagem midpoint, ou seja, que aponta valores de indicadores de impacto após uma caracterização. Ele apresenta diversas categorias de impacto ambiental, ou seja, converte os dados de fluxos de matéria e energia em unidades de medidas específicas, de acordo com a unidade funcional proposta pelo estudo.

Interpretação

As três etapas anteriores estão sujeitas a interpretação de quem conduz o estudo e, invariavelmente, sujeitas a julgamentos de valores envolvidos na ACV (PALHARES, 2003). A interpretação do ciclo de vida é a fase final do procedimento de ACV na qual os resultados de um ICV

e/ou AICV, ou de ambos, são sumarizados e discutidos como base para as conclusões, recomendações e tomadas de decisão, de acordo com a definição do objetivo e escopo.

A norma recomenda que seja realizada uma revisão crítica de cada informação levantada, uma avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência; conclusões, limitações e recomendações. As fases de definição do objetivo e escopo e de interpretação da avaliação do ciclo de vida enquadram o estudo, enquanto que as fases de ICV e AICV produzem informações sobre o sistema de produto (ABNT, 2009b).

4.2.2. Avaliação Econômica de Ciclo de Vida (AECV)

O surgimento dos sistemas de custeio pode ter sido originado na necessidade do homem em contar e identificar as suas necessidades de sobrevivência. O despertar para a necessidade de apurar custos nas empresas iniciou-se com a Revolução Industrial, devido à importância de identificar os custos de produção com o propósito de aplicar os recursos da melhor maneira possível e desta forma conseguir preços mais competitivos para os seus produtos. Assim ao longo do tempo os sistemas de custos foram evoluindo e surgiram diversos métodos de custeio, cabendo às empresas se adequarem ao método mais indicado gerencialmente, de acordo com o seu ramo de atividade (LUZ; REIS, 2008).

A Avaliação Econômica de Ciclo de Vida (AECV) ou também conhecida como *Life Cycle Cost* (LCC) é frequentemente utilizada como uma ferramenta de comparação entre diferentes opções de investimento, por exemplo, nos casos de produtos ou sistemas que possuem uma função equivalente e o seu resultado deve ser empregado para orientar questões relacionadas a processos específicos ou a componentes de um produto específico. A AECV pode ser usada também na comunicação com os clientes ou autoridades a fim de descrever as características de seus sistemas (WOODWARD, 1997; ATLAS COPCO, 2010). No entanto, a utilidade prática da AECV ainda é contestada por Gluch e Baumann, (2004) devido a diversos fatores como: reducionismo a uma unidade monetária, a falta de dados confiáveis, a complexidade do processo de construção e a confusões conceituais.

A AECV ultrapassa o cálculo do custo puramente econômico, levando em conta os custos ao longo do ciclo de vida do produto como o funcionamento do produto ao longo de um período específico. Esses,

incluem as despesas de capital, custo operacional e custo do serviço de manutenção, além dos custos externos decorrentes de danos ambientais relacionados com os produtos que podem ser incluídos. Vale salientar que não são as empresas que incorrem nesses custos, mas sim a sociedade ou as futuras gerações. A quantificação destes custos é difícil, dado que muitas vezes não são claros (KLÖPFFER, 2003; GLUCH; BAUMANN, 2004; ATLAS COPCO, 2010). Contudo, ainda não há um consenso de quais os custos devem ser incluídos (WOODWARD, 1997).

Segundo Reich (2005) são consideradas AECVs os casos em que a análise econômica é usada em combinação com ACV e os limites de sistema da AECV possam ser variáveis desde que as duas avaliações, possam ser complementares no processo de decisão.

Os custos envolvidos na utilização de produtos e na remoção de resíduos e reciclagem geralmente não aparecem, a exceção dos casos em que o fabricante tome de volta o produto ou pague a coleta de resíduos. É claro que os custos ocultos ou menos tangíveis são incluídos na análise de custos convencional, sob a forma das despesas gerais, mas eles não são atribuídos claramente a um determinado sistema de produto (KLÖPFFER, 2003).

Pode-se citar como custos menos tangíveis a coleta dos produtos dentro do prazo e no local correto, tais fatores irão acarretar em um menor custo de recolhimento do produto além de gerar maior competitividade (BALARDIN, BORNIA, TEZZA, 2010). Existem inúmeros custos envolvidos no transporte de mercadorias até chegar ao destino final, principalmente quando esta transação envolve exportação e importação de produtos.

Os custos logísticos totais podem ser minimizados através da análise e da compreensão dos dados fornecidos pela AECV. Entretanto, é importante observar que os incentivos para a adoção e implementação desta ferramenta nem sempre são claros. Muitas empresas ainda não conseguem sequer compreender como mudanças internas podem afetar os seus custos. Nota-se, com isso, a dificuldade que essas empresas teriam para visualizar o potencial de redução de custos de sua logística reversa (BORNIA; FREIRES, 2003).

4.2.3. ACV e AECV

A AECV não é nova, na verdade, é mais antiga do que a ACV (SETTANNI et al., 2011). No entanto, a sua integração à ACV é mais recente, e tem como objetivo realizar uma avaliação mais compreensível.

Apesar dos nomes semelhantes, a ACV e a AECV são métodos de avaliação distintos entre si. Enquanto o primeiro leva em conta os aspectos ambientais envolvidos em um sistema de produtos, o segundo aborda os aspectos financeiros envolvidos no mesmo.

Segundo Reich (2005), a AECV e a ACV tradicional podem ser metodologias utilizadas de forma complementar, que permitem a análise do mesmo problema sob aspectos diferentes, ou seja, a AECV pode ser agregada aos resultados da ACV. Para Noris (2001), a separação entre a ACV tradicional e a AECV pode limitar a influência e relevância da ACV no processo de tomada de decisão e reduzir a importância do desempenho ambiental do produto.

Na ACV é essencial que haja a definição clara do sistema produto e das suas etapas de ciclo de vida, para posteriormente determinar os verdadeiros custos (AECV) ou verdadeiras intervenções ambientais (ACV) do produto (sistema) a ser comparado com outro de mesma função ou que apresente o mesmo benefício (KLÖPFFER, 2003). Para que a conclusão do estudo seja realizada com êxito é necessário que exista conhecimento e, de preferência, experiência por parte do executante do projeto no ramo escolhido (ATLAS COPCO, 2010).

4.2.4. Ciclo de vida e a logística reversa

A legislação ambiental vem tornando-se cada vez mais rigorosa, fazendo com que as empresas preocupem-se gradativamente com o destino final dos produtos fabricados após o fim de vida útil, além do impacto ambiental provocado pelos resíduos e embalagens geradas em todo processo produtivo (CAMARGO; SOUZA, 2005).

Os governos e líderes empresariais estão promovendo políticas e práticas em todos os setores da indústria visando promover a conservação dos recursos, redução dos desperdícios e minimização dos impactos ambientais de um produto ao longo de todas as fases de seu ciclo de vida. Não só o governo, mas também as empresas estão preocupadas com questões ambientais e buscam acompanhar o ciclo de vida de seus produtos. Em uma ACV todas as etapas do ciclo de vida devem ser minuciosamente

analisadas na concepção do produto; na escolha das matérias-primas a serem utilizados nos produtos e em suas embalagens; nas tecnologias e dos processos de fabricação; energia; na organização da logística e, em seguida, no contexto de uso e na valorização ao final da vida do sistema de produto (GONÇALVEZ DIAS, 2006). Esta abordagem sistêmica é essencial para planejar a utilização dos recursos logísticos de forma a contemplar todas as etapas do ciclo de vida do produto ou serviço (LACERDA, 2009).

A vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com a entrega ao cliente. Produtos que se tornam obsoletos, são danificados ou que não funcionam devem retornar até algum participante da cadeia produtiva para que possam ser descartados adequadamente ou reaproveitados (LACERDA, 2009).

No atual cenário econômico, muitas empresas procuram se tornar competitivas, por meio de estratégias de redução de custos e de impacto ambiental, voltadas a responsabilidade social e ambiental. Essas empresas descobriram que controlar a geração e destinação de seus resíduos é uma forma de economizar, o que possibilita a conquista do reconhecimento pela sociedade e ainda auxilia na preservação ambiental, pois não se trata apenas da produção de produtos, mas a preocupação com a sua destinação final após o uso (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010). A gestão da destinação final dos produtos que por tanto tempo foi ignorado pelas empresas, atualmente tem sido considerada como uma responsabilidade ambiental ou uma oportunidade econômica, ou ambos. As empresas que gerenciarem estrategicamente o fim da vida de seus produtos possuirão uma vantagem competitiva, pois estarão criando simultaneamente valor econômico e ambiental (PALHARES, 2003).

Para que haja a união entre oportunidade econômica e responsabilidade ambiental, as empresas devem aliar a gestão logística com a gestão do fim de vida como um “ciclo fechado” (PEREIRA, 2003). As cadeias de suprimentos em ciclo fechado são aquelas compostas de fluxos diretos e reversos, formando ciclos que fazem os materiais (usados ou não) retornarem a pontos a montante da rede a fim de que sejam reutilizados ou reprocessados (CORRÊA; XAVIER, 2013). A estratégia de fluxo fechado indica que a empresa controla a totalidade do ciclo de vida de seus produtos até seu fim de vida.

Os danos ambientais causados podem ser diretos ou indiretos, imediatos ou de longo prazo, materiais (danos sobre a saúde, fauna e flora) ou subjetivos (descontentamento da população diante de uma paisagem

devido a odores, ruídos, por exemplo) (PEREIRA, 2003). Tais danos só serão evitados ou minimizados mediante a colaboração de diversos atores.

As empresas que se anteciparem quanto à implantação da logística reversa em seus processos podem se sobressair no mercado, uma vez que poderão passar para a sociedade uma imagem de empresa ecologicamente correta, inovando e revalorizando seus produtos, melhorando o atendimento a seus clientes e diferenciando-se de seus concorrentes (BARBOSA et al., 2005).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. NATUREZA DA PESQUISA

Esse estudo foi motivado pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos de 2010 (BRASIL, 2010b), que determina aos fabricantes de produtos eletroeletrônicos, dentre outros produtos, a realizarem a logística reversa dos mesmos. Considerando a definição da NBR 16.156 (ABNT, 2013) para eletroeletrônicos: “Equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços”, enquadrando os compressores nesta categoria.

Esta pesquisa foi baseada igualmente na ABNT (2009a; 2009b), as quais normatizam a ACV, orientam, especificam a estrutura geral, princípios e requisitos, necessários na condução desse estudo.

A fim de atingir o objetivo proposto foram realizadas pesquisas bibliográficas e pesquisas em campo, que foram realizadas na sede da empresa Schulz S.A, descrita mais adiante

A pesquisa bibliográfica e de campo visou observar e buscar registros para analisar como estavam estruturados os canais de distribuição atuais de uma empresa fabricante de compressores. A partir dos canais de distribuição, foi possível estruturar os canais reversos pós-consumo (CR-PC), ou cenários de logística reversa da mesma.

Foram empregadas referências bibliográficas para a fundamentação teórica e definição dos procedimentos adotados na pesquisa de campo. Foram utilizados dados primários, ou seja, aqueles fornecidos diretamente pela empresa fabricante dos compressores e das empresas responsáveis pelos canais de distribuição. Para complemento do estudo foram utilizados alguns dados secundários provenientes da literatura e da base de dados do *Ecoinvent® Centre* - base dados para estudos de ACV aceita pela comunidade científica. Assim, no que se refere aos procedimentos técnicos, o Estudo de Caso propõe-se a coletar dados por meio de questionários direcionados, entrevistas telefônicas, observações, registros e avaliações (ambientais e econômicas) dos canais de distribuição da empresa.

5.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

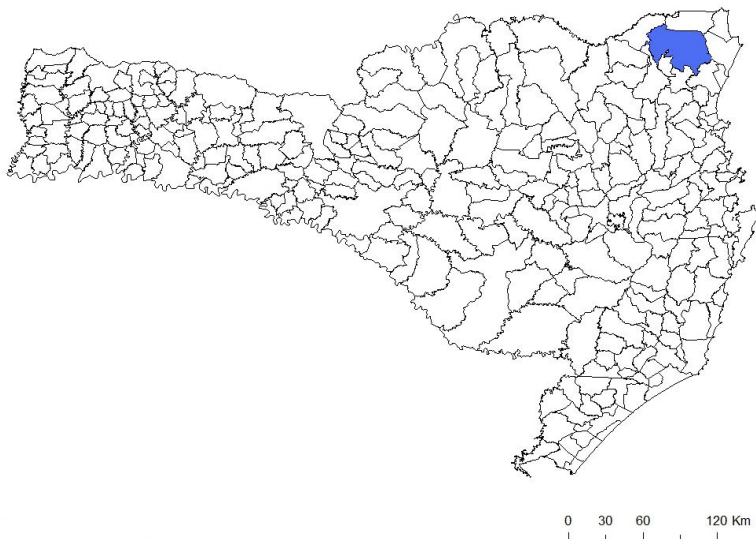
A coleta de dados foi realizada na Empresa de Fundição e Compressores Schulz S.A. A empresa desenvolve compressores de diafragma, alternativos de pistão e rotativos, sejam eles compressores de ar de aplicação doméstica, hobby, serviços profissionais e produtos industriais, com acessórios que complementam a solução em ar comprimido, conforme mostra (Figura 5):

Figura 5. Compressor rotativo



A sede está situada no Município de Joinville, região nordeste do estado de Santa Catarina. Apesar de a empresa atender o mercado interno e externo esse estudo limitou-se ao mercado nacional.

Figura 6. Localização do município de Joinville, no estado de Santa Catarina (Brasil).



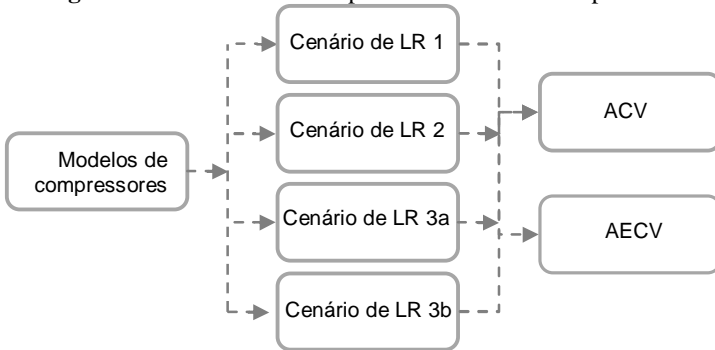
Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

O tratamento dos dados coletados foi realizado no Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida (CICLOG) no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, que dispõe do *software* Simapro, necessário para a ACV.

5.3. CENÁRIOS DE LOGÍSTICA REVERSA

O presente estudo propôs comparar o desempenho ambiental e econômico de quatro cenários de logística reversa, para os modelos de compressores que foram selecionados para este estudo (Figura 7), conforme definições já citadas anteriormente.

Figura 7. Gestão dos CR-PC para os modelos de compressores.



O planejamento reverso dos canais de distribuição foi baseado nos mesmos processos que um planejamento de logística convencional, porém visualizando quais alternativas seriam aceitas por todos integrantes dos Canais reversos pós-consumo (CR-PC), como os assistentes técnicos e consumidores finais. Os dados dos canais de distribuição do produto, depois de tratados auxiliaram na determinação dos CR-PC.

5.3.1. Cenários base de Logística Reversa

Os dois cenários base foram construídos a partir dos atuais canais de distribuição e, a partir desses, foram propostos os quatro cenários de logística (LR1, LR2, LR3a e LR3b).

Cenário base 1: foi baseado no plano de troca de motores que a empresa WEG (fabricante de motores, transformadores, tintas, geradores, entre outros) que incentiva a substituição de motores antigos por motores novos com 10% de desconto na compra de um motor novo. O plano de troca apenas é realizado caso a soma das potências dos motores do cliente seja igual ou superior a 500 CV. Os motores comprados pela WEG são encaminhados para Jaraguá do Sul, Santa Catarina e lá desmontados e reciclados. Esse programa serviu de referência para a determinação aos cenários de logística 1 e 2 (Cenário de LR 1 e Cenário de LR 2), os quais serão posteriormente detalhados.

Cenário base 2: o diagnóstico do cenário atual de destinação final de compressores foi base para os cenários de logística reversa 3a e 3b (Cenário de LR 3a e Cenário de LR 3b), também serão detalhados posteriormente.

5.3.2. Diagnóstico da situação atual

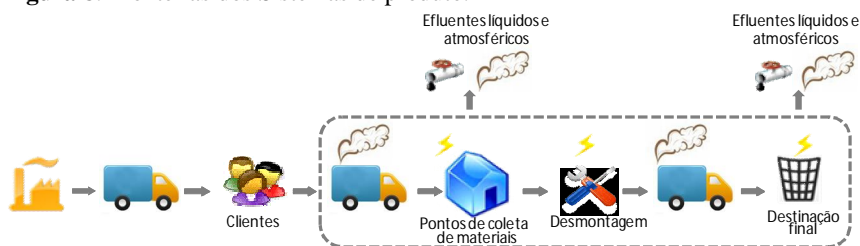
Na primeira etapa os canais de distribuição atuais foram traçados a partir de informações obtidas com base em dados primários disponíveis na empresa - como relatórios de vendas, informações sobre os canais de vendas disponíveis nos sites da empresa e em outros documentos. Para gerar uma maior completeza de dados os especialistas dos setores de vendas e logística da empresa foram entrevistados por meio de questionários. Funcionários das empresas que compram sucatas metálicas e fabricantes de motores foram entrevistados via telefone. Os assistentes técnicos e representantes comerciais de compressores rotativos foram entrevistados por meio de um questionário estruturado, o qual visou obter informações sobre:

- volume comercializado dos produtos e evolução das vendas dos produtos no ano de 2012;
- principais mercados consumidores dos produtos e respectiva participação;
- existência de processos atuais da empresa de logística reversa.

Os cenários de logística reversa foram analisados pela abordagem da ACV e da AECV e por fim foram comparados entre si, a fim de estabelecer o canal de melhor desempenho ambiental e econômico simultaneamente obedecendo às fronteiras do estudo (Figura 8).

As fronteiras do sistema, para todos os cenários em análise, envolveram desde a coleta do produto no cliente final até a destinação final adequada para os compressores antigos. Não foi contabilizada a emissão primária de efluentes líquidos e atmosféricos provenientes do desmanche e reciclagem da matéria prima por falta de dados disponíveis.

Figura 8. Fronteiras dos Sistemas de produto.



5.4. ANÁLISE AMBIENTAL

A análise ambiental dos cenários de logística propostos foi realizada por meio da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (NBR ISO 14040, e NBR ISO 14044), empregando como ferramenta o *software* SimaPro[®], 7.3.3. Esse software dispõe de uma vasta base de dados, dentre as opções do programa optou-se pela base de dados Ecoinvent[®].

O método de Análise de Inventário de Ciclo de Vida (AICV) foi utilizado o ReCiPe Midpoint Hierarchist, que conforme Goedkoop et al., (2008), baseia-se em uma abordagem mais realista, trata-se de um método atual e possui categorias de impacto que atendem as necessidades do estudo. Foram avaliadas as seguintes categorias de impacto: mudanças climáticas (kg CO₂ equivalente); Depleção da Camada de Ozônio (kg CFC-11 equivalente); Depleção fóssil (kg petróleo equivalente) e a essas acrescentada a categoria Demanda Acumulada de Energia (MJ equivalentes) a qual não pertence ao método ReCiPe.

As categorias de Mudanças Climáticas e a Depleção da Camada de Ozônio destacam-se por servir de base para comparação com outros estudos de ACV. Além de serem amplamente discutidas na atualidade por organizações mundialmente reconhecidas como o CDP (*Carbon Disclosure Project*), ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial da BOVESPA) e frequentemente abordadas em estudos de ACV.

A Depleção Fóssil é considerada um bom indicador de impacto ambiental, pelo fato da etapa de transporte e os processos de reciclagem consumirem uma elevada quantidade de combustíveis fósseis como petróleo e o carvão mineral. A Demanda acumulada de Energia tem como objetivo investigar o uso de energia durante todo o ciclo de vida de um bem ou um serviço. Isto inclui a utilização direta, bem como o consumo indireto de energia.

Dentre as variáveis quantitativas utilizadas para avaliar o desempenho ambiental dos canais incluem-se: o volume de vendas, o peso líquido do produto, a distância percorrida do cliente final até a destinação final, os meios de transporte utilizados, a energia elétrica consumida nos processos, os insumos utilizados na desmontagem e remanufatura (desmontagem das peças obsoletas seguida da montagem de novas peças) dos compressores, o GLP utilizado como combustível nas empilhadeiras, retalhamento de chapas de aço e o tipo de tratamento final dado ao compressor obsoleto.

Apesar da etapa de normalização ser facultativa na ACV, neste caso ela foi utilizada a fim de tornar as categorias de impacto comparáveis entre si. Todos os valores resultados das análises ambientais (cada categoria de impacto um com sua respectiva unidade) foram relacionados a um valor de referência, neste caso o somatório do valor de todos os cenários, conforme demonstra a Equação 4:

$$N_{ij} = S_{ij} / \sum S_i \quad (4)$$

Onde:

N_{ij} = é o valor normalizado da categoria de impacto i para o cenário j ;

S_{ij} = é o valor da categoria de impacto i para o cenário j , antes da normalização;

$\sum S_i$ = é a soma do valor de todos os cenários para categoria de impacto i

Os valores normalizados, resultantes desta transformação, não tem unidade, isso elimina os problemas computacionais relativos à presença de diferentes unidades.

A unidade funcional (UF) adotada para o estudo foi determinada após a definição pormenorizada dos produtos envolvidos no estudo.

Métodos tradicionais de alocação, como o econômico, por massa ou por energia foram evitados. Conforme recomendação da norma ISO 14.044 (ABNT, 2009b), a alocação não é pertinente por não haver coprodutos provenientes deste sistema de produto pelo fato de estar sendo realizada a avaliação do ciclo de vida do serviço prestado de logística reversa e não do compressor em si.

5.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Conforme Soares et al. (2012), o objetivo da análise de custos de um estudo é garantir a sustentabilidade econômica dos cenários propostos e a viabilidade de sua aplicação pela empresa.

Nesta análise, foram considerados os gastos diretos de investimentos envolvidos especificamente com a logística reversa dos produtos selecionados para o estudo como:

- ações de divulgação da logística reversa: foram contabilizados os valores referentes a divulgação por meio de: Mensagens eletrônicas de marketings, folders e cartazes informativos.

- transporte de carga: custo referente ao valor pago as transportadoras com a finalidade de transportar dos clientes finais até a destinação final ou reinserção no ciclo produtivo.
- energia elétrica: constitui o custo cumulativo que inclui todas as fontes de energia: convencional e renovável.
- desmontagem do produto: referente ao valor da mão de obra necessária para realizar o desmantelamento dos equipamentos
- insumos: relativo aos custos dos insumos necessários para a desmontagem, remanufatura e transporte dos compressores como GLP, solventes, estopas, entre outros.
- depreciação do imóvel: trata-se da perda de valor de depreciação rateado proporcionalmente em relação a área ocupada até 10 anos após e edificação dos mesmos.
- destinação final: referentes à reciclagem e estratégias de remanufatura, que são as receitas auferidas pela implementação de estratégias adequadas para a reciclagem e reutilização em todas as fases possíveis de um ciclo de vida do produto e mão de obra referente aos mesmos.
- matéria prima: referentes à venda de peças da própria empresa envolvidas na remanufatura dos produtos.
- despesas administrativas: neste caso foram contabilizadas as impressões folha A4 frente e verso (aluguel da impressora, mão de obra e papel) além de chamadas telefônicas.

Os valores dos impostos foram embutidos em cada etapa.

Além desses valores foi considerada um fator de segurança de 20%, normalmente utilizada para análises econômicas, assumida por mudanças nos custos (SENTHIL et al. 2003).

Despesas indiretas que não foram contabilizados no estudo:

- despesas de sistemas de gestão ambiental: consiste nos gastos relativos à certificação, treinamento, tarefas e monitoramento do SGA.
- despesas com taxas ambientais: inclui multas e quaisquer outras despesas legislativas a nível nacional e internacional, que pertence a um produto durante as possíveis fases do seu ciclo de vida.
- despesa de reabilitação: é o custo de haver acidentes ambientais, riscos de saúde ocupacional, a perda de mão de obra, etc.
- despesas de controle de efluentes líquidos e gasosos: despesas incorridas para o controle em processo de efluentes. Isso inclui a instalação,

operação e manutenção do controle de efluentes dos sistemas de todo o processo.

A definição da estrutura de custos envolve o agrupamento total dos custos e receitas, de modo a identificar os problemas potenciais e alcançar um bom resultado de AECV (WOODWARD, 1997).

Por vezes os limites do sistema da AECV não coincidem com da ACV, dado que a AECV envolvem apenas os gastos e lucros diretos da empresa envolvidos com a logística reversa dos produtos, enquanto a ACV engloba toda logística reversa do produto.

5.6. TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE

Apesar da ACV ser um método determinista, principalmente nas fases de inventário e avaliação de impacto, a análise pode gerar incerteza nos resultados devido a escassez e imprecisão de informações disponíveis e os pressupostos do modelo simplificado (Soares et al., 2012).

Para a redução das incertezas tanto na análise ambiental quanto econômica foram utilizados dados primários, obtidos *in loco* sempre que possível e validados pelas partes interessadas. Nos casos, onde não foi possível ou viável a coleta dos dados, foram utilizados dados secundários, de modo a distanciar-se o mínimo possível da realidade.

A qualidade dos dados respeitou as seguintes condições:

- cobertura temporal relativo ao ano de 2013 para dados primários, e não superior a 20 anos para dados secundários;
- cobertura geográfica do local de interesse para dados primários (sejam aqueles originários na empresa ou em quaisquer outros prestadores de serviços dos ciclos de vida dos três compressores analisados). Quando necessário o uso de dados secundários, a cobertura geográfica não pode ser restringida, uma vez que pode inviabilizar o estudo.
- cobertura tecnológica: condizente com a realidade enquanto dados primários e o mais próximo possível dela para dados secundários.
- as fontes dos dados: quando possível foram primárias com eventual complementação secundária.

5.7. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS DE LOGÍSTICA REVERSA

Ecoeficiência é a capacidade de combinar o desempenho em dois dos três eixos do desenvolvimento sustentável, ou simplesmente uma relação de medidas de valor econômico e medidas de impacto ambiental

(CHARMONDUSIT; KEARTPAKPRAEK, 2011). Com o objetivo de combinar a ACV com a AECV, e assim atingir o objetivo desse estudo, estas duas metodologias foram analisadas simultaneamente. Segundo Reich (2005) há uma grande dificuldade em definir cenários adequados simultaneamente aos aspectos econômicos e ambientais, principalmente em virtude dos limites do sistema, por esta razão, muitas vezes o sistema econômico estudado torna-se um sistema hipotético, pois raramente os sistemas econômicos seguem os ciclos de vida de produtos.

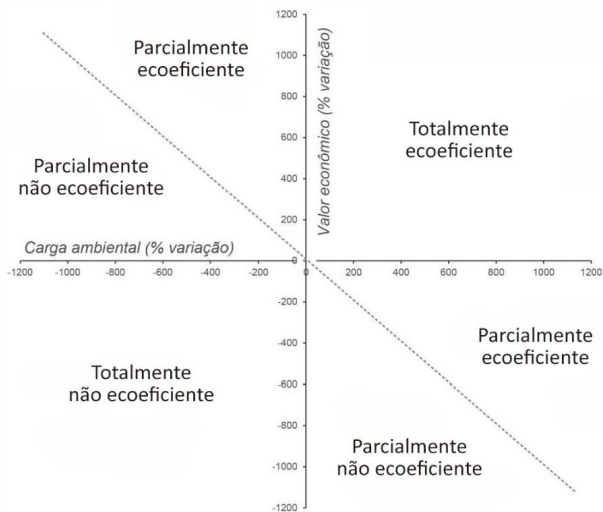
No presente estudo, optou-se por adaptar a metodologia proposta por Charmondusit e Keartpakpraek (2011), a partir da qual se utiliza a matriz de ecoeficiência.

Cada cenário foi analisado sob a ótica ambiental e econômica separadamente. Foi considerado um cenário base hipotético, que foi constituído da média do resultado econômico e ambiental simultaneamente, servindo de base exclusivamente para o cálculo da ecoeficiência dos demais cenários. A base para o cálculo da variação percentual dos valores dos cenários foi efetuado da seguinte forma ($\text{Variação}(\%) = ((\text{Cenário de análise} - \text{Cenário Base}) / \text{Cenário Base})$):

$$\text{Variação}(\%) = ((\text{Cenário de análise} - \text{Cenário Base}) / \text{Cenário Base}) * 100 \quad (5)$$

Assim cada cenário teve duas variações percentuais, uma econômica e uma ambiental, em que o cenário base, apresentou ambas variações percentuais igual a zero. As variações percentuais dos cenários possuíram valores positivos e negativos em um sistema de coordenadas cartesianas de cruzamento de resultados econômicos e ambientais. Os resultados positivos indicam uma situação melhor do que o cenário base e os resultados negativos uma situação pior que o cenário base (Figura 9).

Figura 9. Matriz de ecoeficiência.



Fonte: Adaptado de Charmondusit e Keartpakpraek (2011).

Assim, as diferenças positivas significam menor impacto (sobre o percentual) em relação ao cenário base, e as diferenças negativas significam maior impacto que ele.

O principal objetivo dessa ferramenta ambiental é fornecer informações relevantes para reduzir os impactos do ciclo de vida e os custos dos sistemas de logística reversa (EARLY et al., 2009).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. MODELOS DE COMPRESSORES ENVOLVIDOS

A fim de se realizar um cálculo simplificado para avaliar a viabilidade econômica implantação de logística reversa, foram selecionadas seis faixas de portes de compressores, cada faixa foi representada pelo modelo de compressor de venda mais expressiva. Os compressores P representam os compressores de Pistão e os compressores R representam os Rotativos, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Dados de massa dos compressores analisados

Massa (kg)	Representante de venda mais expressiva	Massa estimada (kg)
< 20	Compressor P1	14
20-100	Compressor P2	32
100-250	Compressor P3	120
250-550	Compressor R1	400
550-1.000	Compressor R2	710
1000-4000	Compressor R3	1.400

Fonte: Schulz (2013).

Cada modelo de compressor foi analisado em relação a diferentes aspectos como:

- preço de mercado (PM): é o menor preço no qual os compressores podem ser vendidos.
- preço de bloqueio (PB): é o preço promocional do produto. Neste caso apenas os gerentes de venda podem aplicar esse valor diferenciado. O preço de bloqueio é inferior ao preço de mercado.
- preço do transporte para diferentes regiões distintas do país (PT): foram avaliados os preços dos transportes de Joinville até três regiões do Brasil: Sul, Sudeste e Nordeste e em cada região foram selecionadas as três cidades com número de venda mais expressivo para a empresa. Na região Sul a cidade foi Viamão, situada no Rio Grande do Sul; no Sudeste foi São Paulo capital e no Nordeste foi Fortaleza no Ceará.
- custo para desmontagem (CD): incluiu o custo da mão de obra e energia elétrica relativa ao tempo de utilização dos equipamentos empregados na desmontagem dos compressores, fornecidos pela engenharia de processos da empresa.

- preço médio da sucata (PS): foi baseado na quantia que a empresa poderá obter com a venda do produto separado por materiais para empresas joinvilenses de reciclagem licenciadas.

Com os valores fornecidos, foram utilizadas as seguintes equações:

$$D = (PT + CD) - PS \quad (1)$$

Despesa com logística reversa (D): é o gasto que a empresa tem com a logística reversa. Nesse caso a empresa é responsável por pagar o transporte (frete CIF)

$$DSL R = PM - PB \quad (2)$$

DSL R: é o desconto máximo que pode ser dado ao produto até atingir o preço de bloqueio, ou seja, sem a logística reversa. É representado pelo Preço de Mercado menos o Preço de Bloqueio do Produto.

$$DCLR = D + DSL R \quad (3)$$

DCLR é o desconto máximo que pode ser dado ao produto caso haja a logística reversa. É representado pela Despesa com Logística Reversa (D) mais o Desconto Sem Logística Reversa.

Foram selecionados os modelos de produtos que permitiram uma margem de desconto caso o produto retornasse até a empresa por meio do frete CIF. Neste caso, quando ocorresse a viabilidade da realização da logística reversa sem que a empresa tivesse prejuízo e de forma que o cliente obtenha desconto na aquisição de um novo produto do mesmo modelo.

Para assumir um valor do preço médio da sucata, foram levantados, por meio de consulta telefônica, os valores praticados por sucateiros na cidade de Joinville. Foi realizada uma média de preço pago por quilo de metal conforme os quatro estabelecimentos consultados na cidade de Joinville que trabalham com aço e ferro (Tabela 2). Os preços pagos são baseados no valor de mercado da região para o ano de 2013.

Tabela 2. Preço pago pela sucata em Joinville.

Sucateiro	Preço Ferro (R\$/kg)	Preço Aço (R\$/kg)
Sucateiro 1	0,10	0,10
Sucateiro 2	0,35	0,24
Sucateiro 3	0,42	0,26
Sucateiro 4	0,20	0,20

O preço médio dos compressores sucateados variou de R\$ 2,58 até R\$ 257,60 (Tabela 3) - desprezando os materiais de alto valor agregado, como as placas eletrônicas - assumindo que 80% da massa líquida do compressor como reciclável e o valor médio do quilo da sucata em Joinville de R\$ 0,23.

Tabela 3. Preço médio dos compressores sucateados

Faixa de Massa (kg)	Representante de venda mais expressiva (Compressores)	Massa (kg)	Preço médio da sucata (R\$ 0,23/kg)
< 20	P1	14	2,58
20-100	P2	32	5,89
100-250	P3	120	22,08
250-550	R1	400	73,60
550-1.000	R2	710	130,64
1.000-4.000	R3	1.400	257,60

Para a movimentação de insumos e produtos, a empresa trabalha com diversas transportadoras por meio de terceirização da frota. Cada uma destas é responsável por uma região específica do país, assim as taxas para a cobrança do frete variam em função da região. Ou seja, o valor do frete nem sempre é proporcional à distância, mas resulta da combinação de diversos fatores como distância percorrida, massa do produto, pedágios, impostos, seguros e taxas cobradas pelas transportadoras responsáveis. Serão avaliados apenas o transporte das regiões Sul, Sudeste e Nordeste por apresentarem maior participação na compra de compressores da empresa.

Por questões de política da empresa os preços reais do transporte foram modificados, porém manteve-se a relação entre estes. Ou seja, foram atribuídos valores representativos para cada trecho do transporte, tomando como base o maior preço o qual foi atribuído o valor de R\$ 2.000 (compressor R3 do Nordeste para Joinville), os demais valores são proporcionais a este (Tabela 4).

Tabela 4. Custo do transporte na logística reversa de compressores pós-consumo até Joinville.

Massa (kg)	Modelos de compressores	Região de Destino	Preço do trecho do transporte (R\$)
< 20	P1	Sul	47,00
		Nordeste	100,00
		Sudeste	109,00
20-100	P2	Sul	47,00
		Nordeste	104,00
		Sudeste	109,00
100-250	P3	Sul	67,00
		Nordeste	204,00
		Sudeste	81,00
250-500	R1	Sul	138,00
		Nordeste	596,00
		Sudeste	195,00
500-1.000	R2	Sul	221,00
		Nordeste	1.034,00
		Sudeste	328,00
1.000-4.000	R3	Sul	397,00
		Nordeste	2.000,00
		Sudeste	612,00

No custo para desmontagem dos compressores notou-se uma proporcionalidade em relação ao tamanho do mesmo.

No caso da desmontagem, também por política da empresa, foram modificados os custos inerentes a esse processo. Assim como no transporte, foi atribuído o valor representativo de R\$ 2.000 para a desmontagem de maior custo (compressor R3) (Tabela 5).

Tabela 5. Custo de desmontagem de compressores

Massa (kg)	Representante de venda mais expressiva	Massa (kg)	Custo de desmontagem
< 20	P1	14	18
20-100	P2	32	10
100-250	P3	120	10
250-550	R1	400	1.332
550-1.000	R2	710	1.667
1.000-4.000	R3	1.400	2.000

A partir das equações 1,2 e 3 foi observado que apenas nos compressores R1, R2 e R3 os valores dos descontos foram superiores a zero, ou seja, mesmo havendo a logística reversa poderá haver um percentual de desconto que poderá ser oferecido para o cliente sem que a empresa tenha um balanço negativo, conforme observado na Tabela 6.

Nos casos em que a logística reversa representar um custo para a empresa será representado por parênteses.

Tabela 6. Margem de desconto máximo fornecido ao cliente (DCLR).

Massa (kg)	Representante de venda mais expressiva	Cidade de Destino	Margem de desconto com LR* (%)
< 20	P1	Sul	(9%)
		Nordeste	(20%)
		Sudeste	(22%)
20-100	P2	Sul	3%
		Nordeste	(2%)
		Sudeste	(3%)
100-250	P3	Sul	7%
		Nordeste	(7%)
		Sudeste	6%
250-500	R1	Sul	7%
		Nordeste	4%
		Sudeste	6%
500-1.000	R2	Sul	9%
		Nordeste	6%
		Sudeste	8%
1.000-4.000	R3	Sul	11%
		Nordeste	8%
		Sudeste	10%

*LR – Logística Reversa

Desta forma os modelos R1, R2 e R3 de respectivamente 400, 710 e 1.400 kg de massa líquida estimada foram selecionados como representantes de três faixas de portes de compressores.

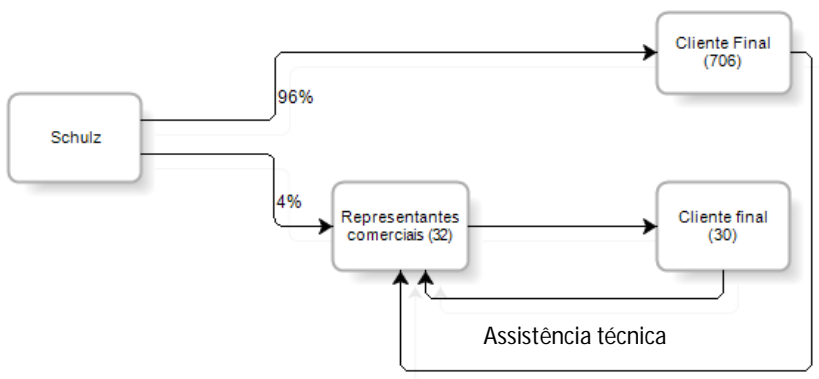
A partir dos valores apresentados é possível concluir que não haverá o balanço negativo na logística reversa de compressores cuja massa é superior a 250kg.

6.2. CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DA EMPRESA

A empresa, objeto desse estudo, comercializa seus produtos através de múltiplos canais de distribuição.

A empresa vende os Compressores R1, R2 e R3 diretamente para o cliente final ou, menos frequentemente, para representantes comerciais (distribuidores autorizados), os quais revendem os produtos embalados para clientes finais. De acordo com a Figura 10, os compressores pós-consumo são retornados do cliente final sempre para os representantes comerciais e nunca para o produtor, apesar do volume de vendas ser mais expressivo por meio do canal direto do produtor (Tabela 7). Os representantes comerciais na sua grande parte realizam serviços de assistência técnica e responsabilizam-se pela manutenção dos mesmos quando necessário (Figura 10).

Figura 10. Fluxos de venda da empresa no ano de 2012.



Fonte: Dados de Schulz, 2013.

No ano de 2012, 660 assistentes técnicos ofereceram serviços de assistência para a empresa. Dentre esses, sessenta e oito trabalharam com o sistema rotativo (seja para o Compressor R1, R2 e R3, seja para outros modelos de compressores rotativos).

No caso dos compressores R1, R2 e R3 em 2012, 706 clientes realizaram a compra de 894 compressores e 30 representantes comerciais realizaram a venda de 134 compressores.

A Tabela 7 apresenta um resumo dos dados coletados sobre os canais de distribuição da empresa para os produtos:

Tabela 7. Canal de distribuição do Compressor Rotativo.

Canal	Representantes comerciais	Clientes Finais	Compressores vendidos	Valor faturado pela empresa (%)	Valor da venda final (%)	Nº de cidades dos clientes finais	Principais cidades dos clientes finais	Vendas por cidade (nº)	Vendas por cidade (R\$)
Canal Direto	69 (69%)	706 (96%)	894 (87%)	90%	95%	359 (99%)	Caxias do Sul/RS	25 (2%)	2%
							Joinville/SC	23(2%)	2%
							Outras	847(83%)	86%
Representantes Comerciais	32 (31%)	30 (4%)	134 (13%)	10%	5%	29 (8%)	Caxias do Sul/RS	11 (1%)	1%
							Novo Hamburgo/RS	9 (1%)	1%
							Outros	111(11%)	9%
Total	73	736	1028	100%	100%	361*		168 (100%)	100%

Fonte: Dados de Schulz (2013).

*Há cidades em comum entre o Canal Direto e o Canal de Representantes Comerciais.

A Tabela 7 apresenta alguns dados relativos aos canais de venda dos compressores em estudo. Foram identificados dois canais para estes modelos de compressores, um deles é chamado Canal Direto, no qual os representantes comerciais fazem a transação dos produtos entre a empresa e o cliente final, no entanto, o produto sai da fábrica e vai diretamente para o cliente final. O segundo canal é chamado de Canal de Representantes Comerciais, em que estes realizam a compra do mesmo e revendem.

Com a finalidade de se obter maiores informações relacionadas à destinação final dos produtos, foram realizadas entrevistas com três representantes comerciais, os quais trabalham de forma semelhante.

Na maioria dos casos a entrega dos produtos foi realizada diretamente da fábrica para o cliente final, não havendo o intermédio do representante comercial. Porém em casos isolados os representantes adquirem um produto com finalidade de locação, ou seja, clientes que necessitam da máquina para um determinado serviço e após um determinado período retornam para o representante comercial. Esse efetuará, sempre que necessário, a sua manutenção. Em alguns casos o representante também realiza a compra de algumas máquinas e revende dentro do próprio estabelecimento.

Após a venda, os representantes comerciais podem realizar função de assistentes técnicos, efetuando as trocas de peças, sempre que necessário e posteriormente encaminhando para sucateiros ou empresas que façam a coleta das mesmas como é o caso dos filtros de óleo, em raros casos (após 20 anos de uso) ocorreu a revenda do equipamento obsoleto para pequenas fundições.

6.2.1. Determinação das cidades que contribuem com o maior número de venda de compressores.

A Tabela 8 apresenta os dados de venda dos três produtos em questão, baseados nos relatórios de vendas da empresa. Foram consideradas todas as cidades que contribuem com um percentual acima de 1% de venda de compressores dos modelos R1, R2 e R3.

Esse percentual foi usado para definir uma linha de corte, em função do volume de vendas, a fim de decidir quais os municípios que participariam do programa de logística reversa. Todos os municípios com número de unidades vendidas inferior ao valor determinado foram

considerados como municípios não atendidos pelo programa em um primeiro momento.

Tabela 8. Consumo de compressores R1, R2 e R3 por cidades.

Cidade	Estado	Vendas (un.)	Vendas (%)
Caxias do sul	RS	36	4
Joinville	SC	25	2
Curitiba	PR	22	2
Novo Hamburgo	RS	22	2
Rio de Janeiro	RJ	20	2
Porto Alegre	RS	17	2
São Paulo	SP	16	2
Goiânia	GO	15	1
São Bento do Sul	SC	15	1
Guarapuava	PR	14	1
São Caetano do Sul	SP	14	1
Getulio Vargas	SP	13	1
Belo Horizonte	MG	12	1
Maringá	PR	12	1
Ubá	MG	12	1
Valinhos	SP	12	1
Fortaleza	CE	11	1
Chapecó	SC	10	1
Pindamonhangaba	SP	10	1
Arapongas	PR	9	1
Betim	MG	9	1
Contagem	MG	9	1
Manaus	AM	9	1
Pato Branco	PR	9	1
Brasília	DF	8	1
Nova Iguaçu	RJ	8	1
Ribeirão Preto	SP	8	1
Rio Verde	GO	8	1
Santo André	SP	8	1
Cascavel	PR	7	1
Londrina	PR	7	1
Recife	PE	7	1
São José do Rio Preto	SP	7	1
Várzea Grande	MT	7	1
Brusque	SC	6	1
Diadema	SP	6	1
Franca	SP	6	1
Serra	ES	6	1

Teresina	PI	6	1
Uberlândia	MG	6	1
Total		464	45%

Após a definição dos municípios, procurou-se definir uma taxa de adesão das empresas ao programa com o objetivo de definir o número de compressores a ser contabilizados no programa. A taxa de adesão foi definida considerando tanto a intenção de descarte do consumidor brasileiro quanto o descarte inadequado. Vale ressaltar que esse comportamento do consumidor em relação à logística reversa pode mudar ao longo do tempo e impactar de maneira significativa o volume de compressores a serem considerados num programa dessa natureza. Segundo dados da empresa WEG², a qual possui um Plano de Troca de motores, a taxa de adesão ao programa na empresa foi de aproximadamente 10%. No presente estudo foi adotada a mesma taxa de adesão.

Depois de estabelecido o volume de vendas de compressores por região e suas respectivas massas no ano de 2012 (Tabela 9), foi aplicada a taxa de adesão e determinado o número de compressores incluídos no programa de logística reversa.

Tabela 9. Distribuição de compressores obsoletos por região

Região	Modelo	Qtd de comp. vendidos (un.)	Massa unitário	Massa de comp. vendidos (kg)	Qtd de comp. LR	Massa total dos comp. (kg)
Sul	R1	255	506,51	129.160	25,5	12.916
	R2	168	669,38	112.456	16,8	11.246
	R3	34	1.569,94	53.378	3,4	5.338
Sul total		457		294.994	45,7	29.499
Sudeste	R1	194	506,51	98.263	19,4	9.826
	R2	138	669,38	92.374	13,8	9.237
	R3	27	1.569,94	42.388	2,7	4.239
Sudeste Total		359		233.026	35,9	23.303
Centro Oeste	R1	40	506,51	20.260	4,0	2.026
	R2	24	669,38	16.065	2,4	1.607
	R3	16	1.569,94	25.119	1,6	2.512
Centro oeste Total		80		61.445	8,0	6.144

² Entrevista realizada junto à empresa WEG.

Nordeste	R1	59	506,51	29.884	5,9	2.988
	R2	51	669,38	34.138	5,1	3.414
	R3	4	1.569,94	6.280	0,4	628
Nordeste Total		114		61.445	8,0	6.144
Norte	R1	5	506,51	2.533	0,5	253
	R2	12	669,38	8.033	1,2	803
	R3	1	1.569,94	1.570	0,1	157
Norte		18		12.135	1,8	1.214
Total		1.028		671.900	102,8	67.190

Após a identificação da quantidade total de compressores que participariam do programa de logística reversa, foi estimada uma quantidade de 67.190 kg de compressores rotativos, relativa à venda de 102,8 unidades de compressores. Porém, visando simplificar a análise, a unidade funcional foi definida em 100 unidades de compressores – sendo 53,8 compressores relativos ao compressor R1; 38,2 unidades relativas ao compressor R2 e 8 compressores do modelo R3.

Como foram considerados apenas os municípios com número de vendas superior a 1%, resultando em um total de 40 municípios, a quantidade de compressores retornados foi posteriormente normalizada a fim de adequar-se a unidade funcional.

6.3. DIAGNÓSTICO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS EQUIPAMENTOS OBSOLETOS

Atualmente os assistentes técnicos são responsáveis por realizarem revisões periódicas no compressor, além de manutenções no momento em que o compressor apresenta problema. Existem casos em que o assistente técnico pode ter interesse em receber o compressor antigo do cliente. Como benefício ao assistente técnico, o compressor passa por uma remanufatura, estendendo sua vida útil por aproximadamente mais cinco anos, é revendido, alugado ou emprestado para outros clientes. Esse panorama foi analisado pela abordagem da ACV e da AECV, no presente estudo, juntamente com outros dois cenários.

No contexto atual, as máquinas são planejadas para possuírem uma vida útil média de 10 anos com 11 horas de funcionamento diário, porém cada peça do compressor possui diferentes períodos de vida útil. Esse fato exige que haja a constante manutenção do compressor. No momento em que as peças danificadas são substituídas por peças novas a vida útil do compressor é prolongada, dificultando a estimativa de uma

vida útil média. As peças comprometidas, nesse caso, são separadas e vendidas para sucateiros.

Devido ao valor elevado de um produto novo, além do fato do compressor antigo suprir as necessidades do cliente, as chances de haver a destinação final do equipamento por completo, é praticamente inexistente. A eliminação do produto completo possivelmente ocorrerá apenas no caso de haver dano de um elemento essencial de um compressor que esteja fora de linha, sendo impossível a sua substituição por um novo.

Atualmente não há estatísticas sobre o destino dado aos compressores vendidos, portanto a fim de obter um diagnóstico da situação atual em relação ao destino dado aos compressores obsoletos, foram realizadas entrevistas com sucateiros dos municípios de Caxias do Sul, Joinville e São Paulo (cidades industriais e de venda expressiva dos produtos) e foi constatado, que os estabelecimentos recebem apenas os resíduos devidamente segregados. Esse fato pode prejudicar a venda por parte do consumidor final, devido a dificuldade de desmontagem do compressor. Também foi observada a dificuldade em realizar a destinação final para o aço, material mais abundante na composição de compressores.

6.4. CENÁRIOS DE LOGÍSTICA REVERSA

Foram definidos três cenários de logística reversa: cenário 1, plano de troca; cenário 2, plano de troca com refundição na empresa; cenário 3, parceria com assistentes técnicos.

Sendo que os cenários 1 e 2 são formados a partir do cenário base 1 (plano de troca) e o cenário 3, que se divide em cenários 3a e 3b, é formado a partir do cenário base 2 (parceria com representantes comerciais). Assim os cenários propostos se apresentam da seguinte forma:

- Cenário base 1 – Plano de troca.
 - Cenário 1: Atterramento e reciclagem de 100% do compressor
 - Cenário 2: Atterramento e reciclagem de 100% do compressor. As peças de ferro fundido e aço serão refundidas dentro da própria empresa

- Cenário base 2 – Parceria com representantes comerciais.

- Cenário 3a: Remanufatura do compressor e 38% do valor financeiro das peças de reposição são compradas da Schulz;
- Cenário 3b: Remanufatura do compressor e 51% do valor financeiro das peças de reposição são compradas da Schulz.

Nos três Cenários (1,2 e 3), a proposta é que a empresa ofereça a prestação de serviço para o cliente (*leasing*), ou seja, oferece o ar comprimido como produto e não o compressor em si. Visto que o compressor não será devolvido e sim substituído por um novo com melhor desempenho em eficiência energética.

Considerando o objetivo desse estudo em comparar a ACV e AECV, o transporte de novos compressores para os clientes e a venda do novo compressor, etapas comuns a todos cenários, foram excluídos.

Os cenários foram descritos e identificados seus processos relacionados à logística reversa, bem como elaborados fluxogramas ilustrando a sequência em que ocorrem.

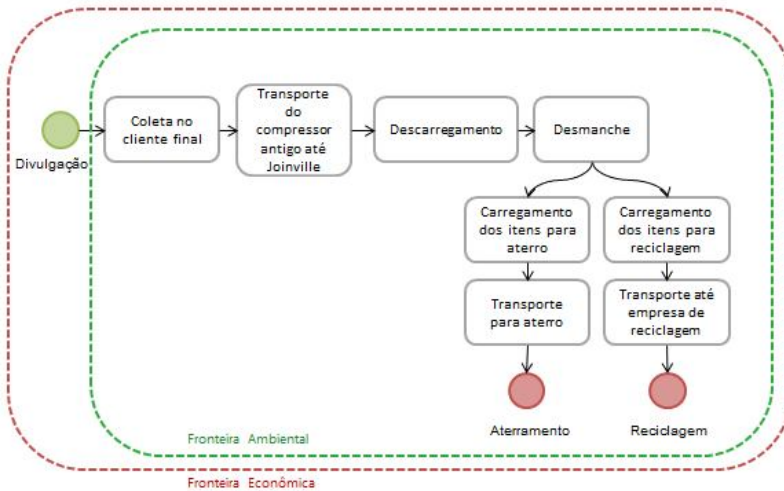
6.4.1. Cenário 1- Plano de troca

Neste cenário, é realizada a troca de compressores antigos dos modelos R1, R2 e R3 danificados ou com baixos níveis de rendimento, em que o compressor usado de qualquer marca entra como parte do pagamento de um compressor novo. A fim de incentivar a troca o produto novo, a venda foi realizada com desconto. Os clientes finais interessados deveriam entrar em contato diretamente com a empresa informando quais compressores possui na planta para troca. De posse de valores e quantidades, a empresa emite um pedido de compra dos compressores obsoletos. O frete é o CIF (*Cost, Insurance and Freight*). No momento em que a empresa recolher o compressor em desuso ocorre a entrega do produto comprado e a instalação e descarregamento do mesmo fica a cargo do cliente. O compressor é transportado até Joinville onde é desmontado, os materiais são separados e revendidos para recicladores de materiais licenciados. Os itens que não podem ser reciclados são dispostos em um aterro sanitário ou industrial devidamente licenciado, conforme preconiza a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS, 2010).

Em todos os cenários o fato de reciclar os materiais evita que sejam produzidos novos materiais a partir da matéria prima virgem na produção de compressores. No entanto, não foi considerado nenhum processo como evitado, pois esse estudo visou analisar o processo de logística reversa isoladamente e não a totalidade do ciclo de vida de um compressor. Sendo assim, foram considerados apenas os processos e insumos relativos à logística reversa.

Em relação aos custos deste cenário, foram usados dados primários disponíveis na empresa.

As etapas envolvidas nesse cenário podem ser visualizadas na Figura 11.

Figura 11. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 01

A coleta no cliente final consistiu no recolhimento dos compressores e seu carregamento no caminhão que os transporta. Esse processo foi realizado com o auxílio de uma empilhadeira, movida a gás liquefeito do petróleo (GLP).

A empresa compra parte das peças dos compressores R1, R2 e R3 e outra parte é fabricada na própria empresa. Na linha dos compressores rotativos os itens são apenas montados com o auxílio de parafusadeira, talha elétrica e bico de limpeza. Desta forma, foi considerado na desmontagem, a quantidade e o preço dos panos industriais e do Solvente utilizados para limpeza das peças. O custo de mão de obra necessária, a quantidade e o preço da energia elétrica e a quantidade e o custo do ar comprimido necessários para desmontagem de 100 compressores rotativos foram calculados com base na premissa de que o tempo de desmontagem de um compressor R1 foi igual a 4,45 horas, 5,61 horas para o compressor R2 e 9,196 horas para o compressor R3.

6.4.2. Cenário 2 - plano de troca com refundição na empresa

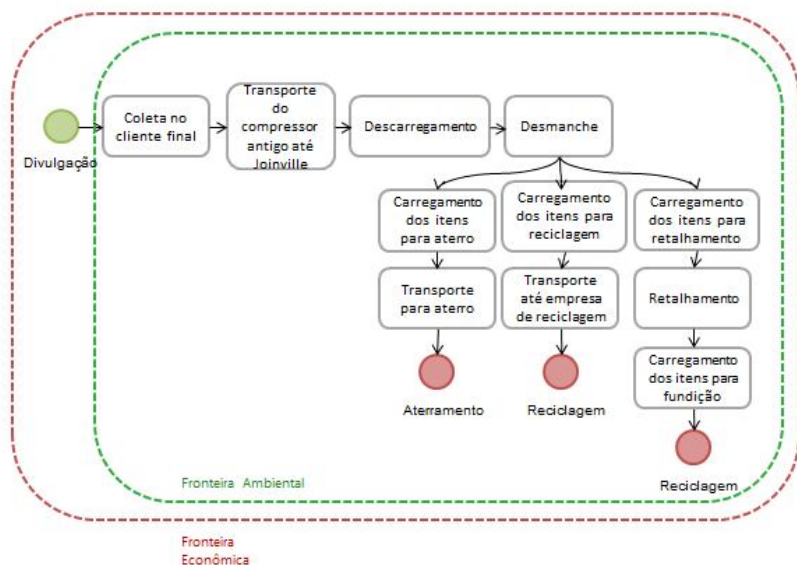
O cenário de transporte foi o mesmo que o Cenário anterior, porém a destinação final foi realizada de forma distinta. Após a desmontagem do produto na empresa, os materiais são separados. As peças de ferro nodular e cinzento são encaminhadas para o retalhamento, ou seja o recorte das peças grandes em peças menores, e depois refundidas dentro da própria empresa. As peças recicláveis são

revendidas para recicladores de materiais licenciados. Os itens que não podem ser reciclados são dispostos em um aterro devidamente licenciado.

Para os custos deste cenário foram consultados dados do histórico disponibilizados pela empresa.

As etapas envolvidas nesse cenário estão representadas na Figura 12.

Figura 12. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 02.



Até a etapa de transporte interno o Cenário 2 é exatamente igual ao Cenário 1, porém pode-se ressaltar as seguintes diferenças:

O carregamento das peças de aço para retalhamento é feito com auxílio de uma empilhadeira, durante um período de 5 minutos (consumo de 0,12 kg de GLP) até a caçamba de resíduos situada dentro da empresa e transportada até a cidade de Araquari, situada a 35 km de Joinville.

As peças são retalhadas com auxílio de uma tesoura mecânica e de um maçarico.

Depois de retalhadas as sucatas elas voltam para a empresa, percorrendo novamente 35 km até a fundição da própria empresa.

6.4.3. Cenário 3 - parceria com assistentes técnicos.

Neste Cenário, ocorre a troca de produtos com descontos, como nos casos anteriores, porém os clientes finais interessados devem entrar em contato com o representante comercial mais próximo, informando quais compressores possuem disponibilidade na planta para troca. O representante comercial recolhe o produto e tem o direito de realizar a remanufatura e posterior revenda. O processo de remanufatura compreende a completa retirada de todos os itens danificados ou que possam comprometer o bom funcionamento do compressor. As peças recicláveis são revendidas para recicladores de materiais licenciados. Os itens que não podem ser reciclados são dispostos em um aterro licenciado.

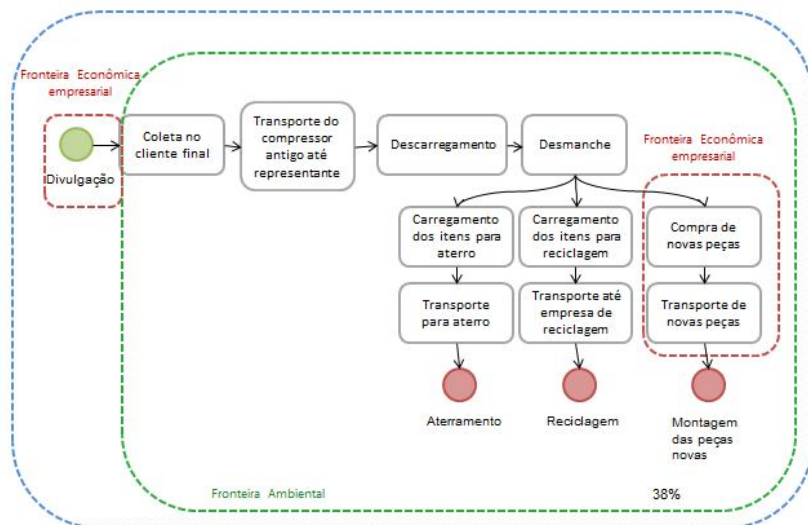
A reutilização dos compressores pode reduzir o impacto ambiental que ocorre com a produção de um novo compressor. No entanto, o impacto evitado não foi considerado nesse estudo.

Neste cenário são utilizados, dados primários, no que tange às etapas em que a empresa é responsabilizada. Os dados secundários, com baixa ou média qualidade, foram utilizados principalmente quando não havia outros dados disponíveis.

Nesse cenário foram considerados dois outros cenários.

No primeiro, o Cenário 3a o frete de entrega das novas peças para a remanufatura do compressor é do tipo CIF e 38% do valor financeiro das peças de reposição, são comprados da empresa, ou seja, os assistentes técnicos compram as peças que somente a Schulz fabrica. As demais peças de reposição são compradas de outros fabricantes. As etapas envolvidas nesse cenário podem ser visualizadas na Figura 13.

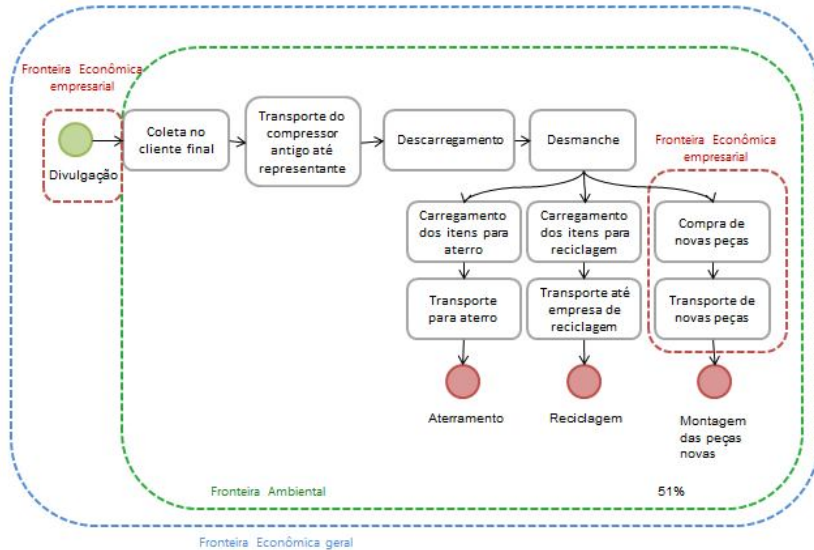
Figura 13. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 3a.



No segundo, o Cenário 3b, o frete de entrega das novas peças para a remanufatura do compressor é CIF. Nesse caso os assistentes técnicos compram as peças que apenas a Schulz fabrica, além das mangueiras dos compressores. As outras peças necessárias para remanufatura são adquiridas na própria cidade do assistente. Aproximadamente 51 % do valor financeiro das peças de remanufatura são comprados da Schulz.

As etapas envolvidas nesse cenário podem ser visualizadas na Figura 14.

Figura 14. Fluxograma dos processos elementares - Cenário 3b.



As peças de reposição são enviadas a partir de Joinville em direção às respectivas cidades dos assistentes técnicos e a empresa obterá lucro com a venda das peças.

Visando reduzir a possibilidade dos assistentes não comprarem a totalidade das peças de reposição da empresa, o serviço prestado deve ser realizado com total eficiência. Nesse panorama serão realizadas duas análises ambientais e financeiras, uma com a empresa pagando o transporte das peças até o cliente final (CIF) e assim o consumo das peças de reposição Schulz será de 38% e outro com o representante comercial consumindo 51% das peças Schulz.

No caso da opção A de 38 % do valor financeiro das peças, são transportados 5 lotes de peça conjuntamente com auxílio de uma empilhadeira, durante um período de 5 minutos.

Para a opção B de 51 % do valor financeiro das peças, são transportados em 3 lotes de peças conjuntamente durante 5 minutos.

6.5. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

O inventário do ciclo de vida compreende as entradas e saídas de materiais e energia nos cenários de pós-uso estudados. O inventário está organizado segundo os três cenários considerados, ilustrando as entradas e saídas requeridas em cada um dos processos elementares envolvidos no gerenciamento da logística reversa dos compressores de ar rotativos. Os custos foram calculados com base nos processos elementares identificados nas figuras 10, 11 e 12, respectivamente para os cenários 1, 2 e 3.

6.5.1. Cenário 1- Plano de troca

Na divulgação do programa de logística reversa considerou-se dois folders para clientes por ano, dois cartazes informativos para os funcionários da empresa por ano, três mensagens eletrônicas de marketing para clientes e duas para os funcionários por ano (Tabela 10).

Tabela 10. Ações de divulgação da Logística reversa

Divulgação	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Folder Clientes	500,00 (arte) + 840,00 (impressão) = 1.340,00	2 divulgações/ano = 2.680,00
Cartaz A4 para funcionários	200,00 (arte) + 6,00 (impressão interna) = 206,00	2 divulgações/ano = 412,00
Mensagens eletrônicas de marketing para clientes	150,00 (arte)	3 divulgações/ano = 450,00
Mensagens eletrônicas de marketing para funcionários	150,00 (arte)	2 divulgações/ano = 300,00
Total	1.846,00	3.842,00

Na coleta no Cliente Final foi considerado um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para um compressor, assim haverá o consumo de 12,52 kg de GLP para 100 compressores e a despesa de R\$ 19,41.

No transporte até Joinville foi estabelecido o número de compressores que devem retornar, considerando a taxa de retorno de 10

%. A partir disto, foi estabelecido qual seria a massa de compressores, levando em conta que o compressor R1, R2 e R3 possuem massas distintas.

Tendo-se em vista que foram consideradas apenas 40 cidades dentre as 361 atendidas em 2012, o número de compressores retornados (46,40) foi corrigido para que o compressor R1 possuíse 53,8 unidades retornadas. O compressor R2, com 38,2 unidades retornadas e o compressor R3, 8 unidades retornadas. Desta forma, foi utilizado o fator de correção de 1,85 para o compressor R1; 2,48 para o compressor R2 e 4 para o compressor R3.

A massa total dos compressores foi obtida multiplicando as massas reais individuais pelo número de compressores retornados de cada modelo. A distância total foi estabelecida multiplicando-se a distância da respectiva cidade até Joinville pelo número de compressores que retornam até a cidade, pois a empresa realiza um serviço exclusivo de entrega e recolhimento de produto, mediante a solicitação de troca de produto pelo cliente (Apêndice 1). Para os clientes finais situadas em Joinville, foi considerada a distância de 30 quilômetros até a Schulz. O preço total do transporte relativo ao recolhimento foi estabelecido multiplicando-se o valor do transporte da respectiva cidade até Joinville, pelo número de compressores que são retornados até a cidade.

Para a coleta no cliente final foi considerada a utilização de uma empilhadeira movida a GLP. Uma empilhadeira consome 0,00835 kg de gás GLP durante 20 segundos de operação. Essa foi a referência de consumo de GLP para empilhadeira utilizada nesse estudo. Para um período de utilização médio de 5 minutos uma empilhadeira consome 0,12 kg de gás, assim para o carregamento de 100 compressores ao longo do ano de 2012, o consumo foi de 12,52 kg de GLP e a despesa de R\$ 19,41 para 100 compressores.

Para esse processo e para todos os itens posteriores que relacionam a utilização da empilhadeira, foi considerado como entrada apenas o combustível requerido para a operação. Os impactos relacionados à produção, operação, manutenção e destinação final da empilhadeira não foram considerados. Uma vez que a vida útil dessa é grande, quando comparada ao tempo despendido para realização dessa tarefa. Seu uso pode ser feito em inúmeros processos como esse, assim, na realização de um processo apenas, tais impactos podem ser considerados como desprezíveis.

Foram realizadas manutenções anuais das ferramentas e o custo de ocupação da área da fábrica, conforme segue no Apêndice 1.

Para a desmontagem foram considerados apenas a quantidade e o preço dos panos industriais e do solvente utilizados para limpeza das peças. O custo de mão de obra necessária, a quantidade e o preço da energia elétrica e a quantidade e o custo do ar comprimido necessários para desmontagem de 100 compressores rotativos, tendo-se a premissa de que o tempo de desmontagem de um compressor R1 foi igual a 4,45 horas, 5,61 horas para o compressor R2 e 9,196 horas para o compressor R3.

Tabela 11. Insumos para a desmontagem dos compressores

Modelo	R1	R2	R3	Total
Quantidade de compressores	53,80	38,20	8,00	100,00
Panos industriais (kg)	107,60	76,40	16,00	200,00
Energia elétrica (kWh)	15.629,9	9.125,3	7.570,2	32.325,5
Ar comprimido (m ³)	1.919,56	1.362,9	285,44	3.567,95
Solvente (L)	161,40	114,60	24,00	300,00

Tabela 12. Preço para a desmontagem dos compressores

Modelo	R1	R2	R3	Total
Unidade de compressores	53,80	38,20	8,00	100,00
Mão de obra (R\$)	832,15	1.049,07	1.719,65	3.600,87
Panos industriais (R\$)	508,95	361,37	75,68	946,00
Energia elétrica (R\$ 0,14/Kw.h)	2.188,19	1.277,55	1.059,84	4.525,57
Ar comprimido (R\$ 0,0129/m ³)	24,76	17,58	3,68	46,03
Solvente (R\$)	596,10	423,26	88,64	1.108,00
Total	4.150,15	3.128,83	2.947,49	10.226,47

Os componentes dos compressores são segregados na linha de desmontagem dos itens na linha de acordo com o tipo de resíduo. Os resíduos não recicláveis possuem dois destinos: o aterro sanitário e o aterro industrial. Ambos são segregados em lixeiras de 200 litros, como ocorre também para os resíduos recicláveis. Nesta etapa não foi utilizado nenhum insumo e também não houve nenhum custo, tendo em vista que o processo de separação dos resíduos é realizado de forma manual.

Todos os resíduos são transportados por pequenas carretas operadas manualmente. Desta forma, não ocorre utilização de insumos nem custos. Já as sucatas de metálicas relativas a um compressor são movimentadas por empilhadeiras durante um período de 5 minutos (41,25 m), portanto, para a movimentação de 100 compressores ocorre o consumo de 12,52 kg de GLP e a despesa de R\$19,41. Esses são

depositados no ponto de coleta de resíduos. Posteriormente, são recolhidos por um caminhão com o auxílio de uma empilhadeira (60 segundos para o carregamento e descarregamento do caminhão) e transferidos até a Central de Descartes da empresa, localizada a 5,4 quilômetros do ponto de coleta de resíduos, com um consumo de 2,57kg de GLP e R\$ 0,02.

Os resíduos eletrônicos são transportados por 28,38 metros e carregados nos caminhões das empresas recicladoras através de empilhadeiras. Dessa forma, o consumo foi de 12,52 kg de GLP e a despesa de R\$19,41.

O óleo hidráulico e os sólidos contaminados são recolhidos por um caminhão terceirizado com o auxílio de uma empilhadeira (60 segundos para carregamento e descarregamento do caminhão) e transferidos até a Central de Descartes da empresa, localizada a 5,4 metros do ponto de coleta de resíduos, seu valor é cobrado de acordo com o volume transportado (Tabela 13).

Tabela 13. Transporte interno.

Material	Modelos	Qtd de comp. (unidade)	Massa (kg)	Volume (m ³)	Preço (R\$)
Movimentação interna (peças de ferro e aço)	R1	53,80	19.130,32	28,41	232,39
	R2	38,20	17.570,98	45,67	373,57
	R3	8,00	9.894,86	19,25	157,46
Total		100,00	46.596,16	93,33	763,42
Óleo Hidráulico contaminado	R1	53,80	279,76	0,28	5,23
	R2	38,20	504,24	0,50	9,43
	R3	8,00	192,00	0,19	3,59
Total		100,00	976,00	0,98	18,25
Sólidos contaminados	R1	53,80	1.277,59	2,31	43,25
	R2	38,20	1.037,97	4,01	74,95
	R3	8,00	284,40	1,90	35,58
Total		100,00	2.599,96	8,22	153,78
Total			50.172,12		935,44

Os resíduos recicláveis, com exceção dos metais nobres, são recolhidos pelos compradores diretamente no ponto de coleta através de caminhões adaptados para o carregamento de caçambas do tipo Roll On/Roll Off (Apêndice 1). Os resíduos de metais nobres são recolhidos pelos compradores na Central de Descartes.

Os metais são coletados na Central de Descarte e são encaminhados diretamente para empresas que realizam a fundição dos mesmos.

Os resíduos que vão para aterro sanitário e industrial percorrem uma distância de cinco quilômetros e são transportados por empresas terceirizadas as quais cobram os seguintes preços (Tabela 14):

Tabela 14. Preços para transporte da empresa até os aterros sanitários e industriais

	Modelos	Qtd de compressores (unidade)	Massa (kg)	Volume (m ³)	Preço (R\$)
Caçamba sólidos contamina	R1	53,80	1557,34	2,31	43,25
	R2	38,20	1542,21	4,01	74,96
	R3	8,00	978,00	1,90	35,58
Total		100,00	4077,56	8,22	153,78
Caçamba resíduos (aterro)	R1	53,80	1009,83	1,50	28,04
	R2	38,20	1205,76	3,13	58,60
	R3	8,00	62,36	0,12	2,27
Total		100,00	2277,95	4,75	88,92
Total			6355,51		242,70

Dentre os resíduos de sólidos contaminados, foram também contabilizados os panos industriais provenientes da desmontagem dos compressores.

São enviados para o aterro municipal todos os itens que não são passíveis de reciclagem. São dispostos em aterro industrial os itens de resíduos perigosos, classificados como Classe I segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004). Os valores para destinação dos seguintes resíduos em aterro industrial estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15. Preço para destinação de resíduos em aterro industrial.

	Modelos	Qtd de compressores (unidade)	Massa (kg)	Volume (m ³)	Preço (R\$)
Óleo Hidráulico contaminado	R1	53,80	279,76	0,28	86.765,00
	R2	38,20	504,24	0,50	180.424,69
	R3	8,00	192,00	0,19	204.488,38
Total		100,00	976	0,98	471.678,06
Resíduos sólidos	R1	53,80	1277,59	2,31	28,56

contaminados	R2	38,20	1037,97	4,01	130,68
	R3	8,00	284,40	1,90	90,47
Total		100,00	2.599,91	8,22	249,72
Sólidos não perigosos	R1	53,80	1.009,83	1,50	1.078,31
	R2	38,20	1.205,76	3,13	2.138,46
	R3	8,00	62,3635	0,12	1.327,97
Total		100,00	2.277,95	4,75	4.544,74
Total			6.829,91	14,93	476.472,52

Os valores relativos a venda de materiais sucateados são proporcionais a massa e dependem do valor oferecido pela empresas recolhedoras. Além disso, também foi contabilizado o ICMS (imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação) referente à circulação das sucatas interestaduais.

Em relação às despesas administrativas foram consideradas apenas as impressões de documentos e ligações telefônicas. A despesa para a impressão de uma folha A4 frente e verso (aluguel da impressora, mão de obra e papel) foi de R\$0,35 (Tabela 16).

Tabela 16. Despesas administrativas

	Quant/mês	Custo/mês (R\$)	Duração Total (horas)	Custo/ano (R\$)
Ligações telefônicas	84	18,80	3	225,60
Impressões	20	7,00	-	84,00
Total				309,60

Além disso, também foi considerado o aluguel do estabelecimento comercial do assistente técnico, um valor de aproximadamente R\$ 3.000,00 mensais, integrando todos os impostos.

6.5.2. Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa

Até a etapa de transporte interno, os processos do Cenário 2 coincidem àqueles do Cenário 1, dispensando a descrição dos mesmos. Os demais processos são descritos a seguir.

O carregamento peças de ferro e aço para retalhamento é realizado com o auxílio de uma empilhadeira, durante um período de 5 minutos (consumo de 0,12 kg de GLP) até a caçamba de resíduos

situada dentro da empresa e transportadas até a cidade de Araquari, situada a 35 km de Joinville. O retalhamento das peças é feito com auxílio de uma tesoura mecânica e de um maçarico, as quais, após retalhadas voltam para a empresa, percorrendo novamente 35 km até a fundição da própria empresa.

Os resíduos recicláveis, com exceção dos metais nobres, são recolhidos pelos compradores diretamente no ponto de coleta através de caminhões adaptados para o carregamento de caçambas do tipo Roll On/Roll Off (Tabela 17). As peças de ferro nodular e cinzento são coletadas na Central de Descarte com o auxílio de uma empilhadeira, sendo o consumo de 12,52 kg de GLP e despesa de R\$ 19,41. O caminhão percorre 5,4 quilômetros até a unidade de fundição da empresa.

Tabela 17. Distância da Schulz até a empresa retalhadora dos itens.

Material	Modelos	Quantidade de compressores (unidade)	Massa (kg)	Distância (km)
Aço especial	R1	53,80	11.690,74	72,00
	R2	38,20	8.732,52	
	R3	8,00	4.525,52	
Total		100,00	24.948,78	
Ferro	R1	53,80	1.799,99	5,40
	R2	38,20	2.042,09	
	R3	8,00	4.886,57	
Total		100,00	8.728,64	

No deslocamento das atividades de transporte descritas anteriormente é utilizado o serviço terceirizado de caminhão de transporte de carga interna da Schulz (Tabela 18).

Tabela 18. Custo de transporte interno.

Material	Modelos	Qtd de compressores (unidade)	Massa (kg)	Volume (m ³)	Preço (R\$)
Movimentação interna (peças de ferro e aço)	R1	53,80	19.130,32	28,41	232,39
	R2	38,20	17.570,98	45,67	373,57
	R3	8,00	9.894,86	19,25	157,46
Total		100,00	46.596,16	93,33	763,42

Nesse cenário as peças de ferro fundido e aço são vendidas para a fundição da divisão automotiva pelo preço de R\$0,70, aproximadamente 2 vezes superior ao valor ao preço pago pelos sucateiros na sucata de ferro fundido e aço no Cenário 1. Foi contabilizado também o ICMS (imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação) referente à circulação das sucatas interestaduais.

Como despesas administrativas são consideradas apenas as impressões de documentos. A despesa para a impressão de uma folha A4 frente e verso (aluguel da impressora, mão de obra e papel) é de R\$0,35 (Tabela 19).

Tabela 19. Despesas administrativas.

	Quant/mês	Custo/mês (R\$)	Duração Total (horas)	Custo/ano (R\$)
Ligações telefônicas	84	18,80	3	225,60
Impressões	20	7,00	-	84,00
Total				309,60

6.5.3. Cenário 3 - Parceria com assistentes técnicos

Na divulgação do programa de logística reversa foram considerados dois folders para clientes por ano, dois cartazes informativos para os funcionários da empresa por ano, três mensagens eletrônicas de marketing para clientes por ano, e duas mensagens eletrônicas de marketing para os funcionários por ano e três mensagens eletrônicas de marketing para os assistentes técnicos por ano (Tabela 20).

Tabela 20. Custos de ações de divulgação da Logística reversa

Divulgação	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Folder Clientes	500,00 (arte) + 840,00 (impressão) = 1.340,00	2 div/ano=2.680,00
Cartaz A4 para funcionários	200,00 (arte) + 6,00 (impressão interna) = 206,00	2 div/ano=412,00

Mensagens eletrônicas de marketing para clientes	150,00 (arte)	3 div/ano=450,00
Mensagens eletrônicas de marketing para funcionários	150,00 (arte)	2 div/ano=300,00
Mensagens eletrônicas de marketing assistentes técnicos	150,00(arte)	3 div/ano = 450,00
Total	1.996,00	4.292,00

Foi considerado um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para a coleta de um compressor no cliente final, com um consumo de 12,52 kg de GLP. Os custos referentes ao consumo do combustível são de responsabilidade do representante comercial.

O descarregamento consiste na retirada dos compressores de dentro do caminhão.

Para avaliar o transporte até a assistência técnica, dentre as cidades consumidoras do produto, foram selecionadas cinco delas onde estão localizados os postos regionais de coleta de compressores obsoletos. Em cada região brasileira foi selecionada a cidade com maior número de venda de produtos, onde há assistentes técnicos de renome e que possuam uma parceria estável e interesse na participação da logística reversa da empresa (Apêndice 2). A fim de determinar-se o preço pago pelo assistente técnico no recolhimento do produto foi calculado o custo por quilometro rodado considerados os seguintes fatores:

- Caminhão movido a diesel de capacidade 3,5 ton. que roda em média 4.000 km/mês;
- Preço e consumo de combustível;
- Lubrificantes;
- Lavagens e graxas;
- Desgaste de pneus;
- Depreciação do veículo;
- Manutenção e reparos;
- Licenciamento e seguros;
- Despesas indiretas;
- Mão de obra para operação do caminhão.

O Custo por quilômetro rodado para este tipo de caminhão foi 0,77R\$/km.

O descarregamento considera um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para um compressor, o consumo total foi de 12,52 kg de GLP para 100 compressores.

Os itens a serem substituídos foram definidos juntamente com um especialista em compressores rotativos. Foi realizado um levantamento de quais itens normalmente apresentam disfunções e precisam ser substituídos em um compressor que já atingiu os 10 anos de sua vida útil. As seguintes peças (Apêndice 2) foram removidas e trocadas por peças novas:

Tabela 21. Insumos usados na desmontagem dos compressores.

Modelos	R1	R2	R3	Total
Quantidade de compressores (un.)	53,80	38,20	8,00	100,00
Mão de obra (R\$.hora trabalhada)	748,00	935,00	1.122,00	2.805,00
Estopa (kg)	1.076,00	764,00	160,00	2.000,00
Energia elétrica (kw.h)	9,90	7,03	1,47	18,40
Ar comprimido (m³)	1.584,38	1.124,97	235,59	2.944,90
Desengraxante (L)	269,00	191,00	40,00	500,00
Álcool (L)	26,90	19,10	4,00	50,00
Loctite 601 (g)	53,80	38,20	8,00	100,00
Loctite 243 (g)	53,80	38,20	8,00	100,00
Loctite 515 (g)	269,00	191,00	40,00	500,00
Tree Bond 1134B (g)	538,00	382,00	80,00	1.000,00

Foram consideradas 4 horas de retrabalho para o compressor R1, 5 horas de retrabalho para o compressor R2 e 6 horas de retrabalho para o compressor R3 e os custos de trabalho.

Foi considerado um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para um compressor, com um consumo de 12,52 kg de GLP para 100 compressores.

Em relação ao transporte para o aterro foi adotada uma simplificação, em que os assistentes técnicos enviaram os resíduos para os aterros sanitários e industriais mais próximos.

As massas dos itens que são enviadas para aterro sanitário, assim como as taxas de recolhimento dos resíduos pela prefeitura estão discriminadas no Apêndice 2. Foi considerado as taxas de recolhimento, o valor fixo de R\$ 210,00/ano para estabelecimentos comerciais no Brasil, baseando-se nas taxas da cidade de Joinville.

As massas dos itens que são enviadas para aterro industrial também estão discriminadas no Apêndice 2 e também foram baseadas

nas taxas da cidade de Joinville para 0,57 R\$/kg de resíduo contaminado.

No carregamento dos itens para reciclagem foi considerado que na opção A, 38 % das peças são transportados em 5 lotes de peças conjuntamente durante 1 minuto até os caminhões. No caso da opção B de 51 % das peças, são transportados por 3 lotes de peças conjuntamente durante 1 minuto até os caminhões. Foi considerado um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para um compressor, com um consumo total de 12,52 kg de GLP para 100 compressores.

Os resíduos recicláveis são recolhidos pelos compradores diretamente no representante. Nesse caso, devido à dificuldade de fixar as distâncias até os recicladores de equipamentos eletroeletrônicos, considerou-se os mesmos como metais ferrosos.

Em relação a reciclagem foi contabilizado o ICMS referente à circulação das sucatas interestaduais. As distâncias percorridas e as respectivas quantidades de resíduos encontram-se no Apêndice 2.

Na opção A as peças partirão de Joinville em direção as respectivas cidades dos assistentes técnicos. O frete será pago pela empresa (CIF), a fim de garantir a fidelidade do representante comercial no momento da compra das peças. Foram considerados lotes compostos de peças relativos a 1 compressor, portanto, o número de viagens será igual ao número de compressores recebidos pelos assistentes técnicos. Os seguintes valores correspondem a unidade funcional de logística reversa de 100 compressores.

Foi considerado um período de utilização de 5 minutos de uma empilhadeira, para o carregamento de peças relativas a um compressor, com um consumo total de 12,52 kg de GLP para 100 compressores. No caso a despesa de R\$ 19,41 é de responsabilidade da própria empresa. A entrega dos pedidos de peças novas é preparada pelo Serviço de Atendimento ao Cliente. A entrega pode ser parcial ou todas juntas, porém, no caso desse trabalho foi considerado que as peças necessárias para a remanufatura de um determinado produto foram entregues juntas. Foram realizadas 53,8 viagens para as peças do compressor R1; 38,2 viagens para as peças do compressor R2 e 8 viagens para as peças do compressor R3 (Apêndice 2), totalizando R\$ 89.308,16 para o transporte dos 100 compressores no Cenário 3a.

Na opção B assumiu-se que caso o frete fosse pago pelos assistentes técnicos a venda das peças de reposição não seria efetuada pela Schulz. Nesse Cenário apenas 51 % das peças são compradas da Schulz pelo fato do frete ser CIF. Foram considerados lotes compostos

de peças relativos a 1 compressor, portanto, o número de viagens foi igual ao número de compressores recebidos pelos assistentes técnicos. Em relação ao valor pago pela empresa com o transporte das peças de remanufatura, totaliza R\$89.503,52.

Os demais dados permanecem os mesmos na opção do Cenário a e Cenário b.

A desmontagem seguida da montagem de novas peças constitui a remanufatura do compressor. O compressor remanufaturado, com a substituição das peças, teria, segundo a empresa, uma sobrevida de cinco anos.

Para gerenciamento do programa de logística reversa em parceria com os representantes comerciais foi considerado o serviço de um analista ambiental com um salário de R\$4.000 mais 80 % adicional de impostos, totalizando em R\$93.600 por ano.

Foram consideradas sete viagens por ano, por parte do analista ambiental, a fim de realizar o gerenciamento da logística reversa em parceria com os representantes comerciais. Foi considerada uma viagem por ano para cada cidade receptora de compressores. No caso de Caxias do Sul foi considerado o deslocamento até Curitiba e após o transporte é aéreo (Tabela 22).

Para as viagens rodoviárias foram considerados as seguintes variáveis:

- Automóvel movido a gasolina com capacidade 05 passageiros (que roda em média 5.000 km/mês)

- Preço e consumo de combustível;
- Lubrificantes;
- Lavagens e graxas;
- Desgaste de pneus;
- Depreciação do veículo;
- Manutenção e reparos;
- Licenciamento e seguros;
- Despesas indiretas;

O Custo por quilômetro rodado para este tipo de automóvel foi 0,47 R\$/km.

Tabela 22. Descritivo das viagens de gerenciamento do programa de logística reversa.

	Detalhes	Distância (ida e volta)	Valor (R\$)	Meio de transporte	Custo total (R\$)
Traslado	Caxias do Sul	264,00	124,00	Automóvel	604,00
		784,00	480,00	Avião	
	Curitiba	264,00	124,00	Automóvel	124,00
	Rio de Janeiro	1.912,00	550,00	Avião	550,00
	São	1.052,00	200,00	Avião	200,00
	Goiânia	2.848,00	250,00	Avião	250,00
	Fortaleza	6.988,00	1.300,00	Avião	1.300,00
Manaus	8.404,00	970,00	Avião	970,00	
Alimentação	6		30,00		1.260,00
Acomodação	2 diárias		200,00		2.800,00
Total					8.058,00

Em relação as despesas administrativas foram consideradas as ligações telefônicas, para telefone fixo, celular e interurbano. Nas impressões a despesa foi de R\$0,35 para a impressão de uma folha A4 frente e verso (aluguel da impressora, mão de obra e papel) (Tabela 23).

Tabela 23. Despesas administrativas para gerenciamento da logística reversa.

	Quant/mês	Custo/mês (R\$)	Duração Total (horas)	Custo/ano (R\$)
Ligações telefônicas	84	18,80	3	225,60
Impressões	20	7,00	-	84,00
Total				309,60

Na Tabela 24 estão resumidos todos os processos referentes aos quatro cenários.

Tabela 24. Quadro resumo das principais características dos cenários estabelecidos referentes a logística reversa de 100 compressores.

Processo elementar	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3a	Cenário 3b
Coleta no Cliente final	Consumo de 12,52 kg de GLP			
Transporte	Transporte de ida e volta do cliente até Joinville (89.452,61 km)		Transporte de ida e volta do cliente até representante comercial (43.278,10 km)	
Descarregamento	Consumo de 12,52 kg de GLP			
Desmanche/ Remanufatura	Parafusadeira, Talha elétrica, Bico de limpeza, Pano industrial, Solvente.		Parafusadeira, Talha elétrica, Bico de limpeza, Estopa, Desengraxante, Alcool, Loctite 601, Loctite 243, Loctite 515, Tree Bond 1134B.	
Transporte de peças de reposição	-		Transporte de 17.843,57 kg em 82.160,78 km	
Movimentação interna	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de sucatas metálicas: consumo de 12,52 kg de GLP • Carregamento e descarregamento de sucatas metálicas: 2,57 kg de GLP • Transporte de peças eletroeletrônicas: consumo de 12,52 kg de GLP • Transporte de óleo hidráulico: consumo de 2,57 kg de GLP 		Carregamento de itens para destinação final: 2,57 kg de GLP	

Transporte para o aterro (sanitário e industrial)	1.000 km		3.274,82 km
Aterramento (sanitário e industrial)	6.829,91 kg		1.750,46 kg
Transporte para reciclagem	352.100,00 km	338.640,00 km	143.801,59 km
Reciclagem	61.038,42 kg		16.616,11 kg

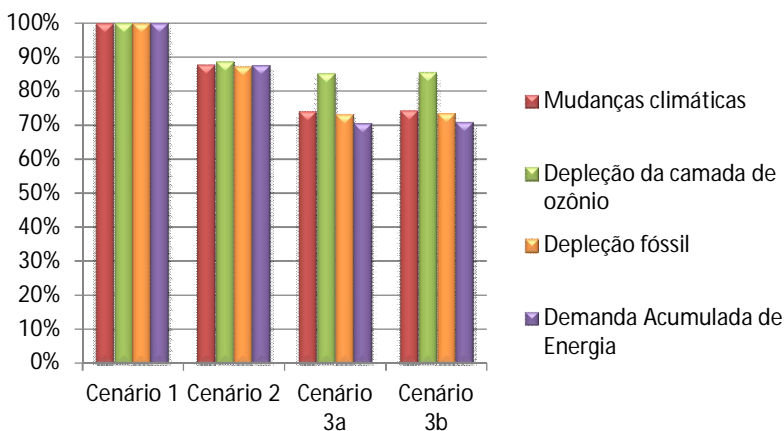
6.6. AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA

6.6.1. Análise preliminar geral

A partir dos resultados do inventário de ciclo de vida, presentes nos Apêndices 1 e 2, realizou-se a avaliação dos impactos ambientais segundo três aspectos.

Inicialmente, uma comparação entre os impactos dos quatro cenários anteriormente detalhados e, posteriormente, foi realizada a análise individual de cada cenário para os 100 compressores a fim de verificar quais etapas apresentaram o pior desempenho ambiental. Por fim, foi realizada uma análise individual dos impactos relacionados à logística reversa de cada um dos três modelos de compressores. Os valores obtidos em cada cenário para todas as categorias podem ser visualizados na Figura 15.

Figura 15. Categorias de impactos ambientais nos quatro Cenários



Foi adotado o procedimento de normalização, que considerou o cenário com o maior valor de impacto como equivalente a 100% dos impactos para cada categoria, sendo os demais cenários avaliados em relação àquele valor.

O Cenário 1 foi o que apresentou os maiores valores de impactos ambientais segundo as quatro categorias avaliadas, seguido pelo Cenário 2, Cenário 3b. O Cenário 3a teve o melhor desempenho ambiental, quando comparado aos demais.

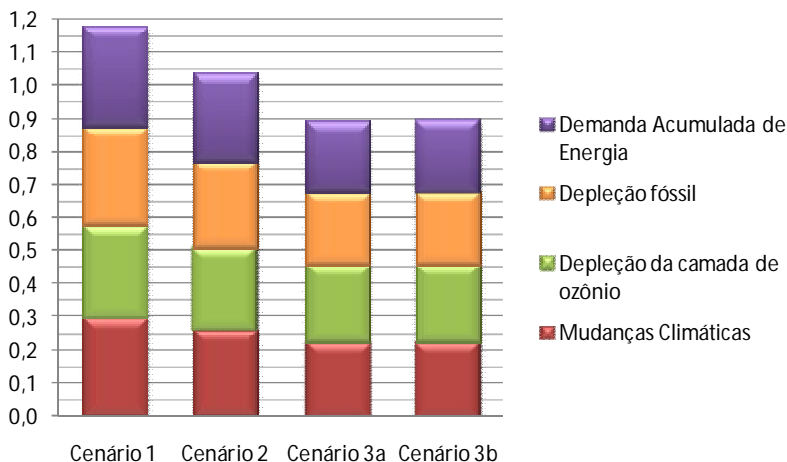
A Figura 16 apresenta os resultados normalizados em relação ao valor total correspondente a cada categoria de impacto (Equação 4),

exibindo valores adimensionais e comparáveis entre si, para que posteriormente possam ser utilizados como parâmetros de ecoeficiência.

A pontuação apresentada no gráfico indica que cada categoria ambiental pode possuir uma pontuação que varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, pior é o desempenho na categoria ambiental avaliada. Assim cada cenário possui uma pontuação total em relação aos danos que varia de 0 a 4 pontos.

A carga ambiental do Cenário 1 apresentou um somatório de 1,179 pontos em relação aos danos ambientais. O Cenário 2 apresentou 1,035 pontos; o Cenário 3a obteve 0,891 pontos e o Cenário 3b obteve 0,895 pontos, confirmando a interpretação realizada na Figura 16.

Figura 16. Carga ambiental total dos cenários



Vale ressaltar que no estudo de Zanghelini (2013), na avaliação de ciclo de vida de compressores de pistão do berço ao túmulo, todas as etapas da vida de um compressor estão inclusas, inclusive foi estudada a logística reversa do produto de uma forma simplificada. A qual correspondeu a menos de 1% dos impactos ambientais, enquanto a etapa de uso e manutenção dos mesmos correspondeu a aproximadamente 97% (ZANGHELINI, 2013).

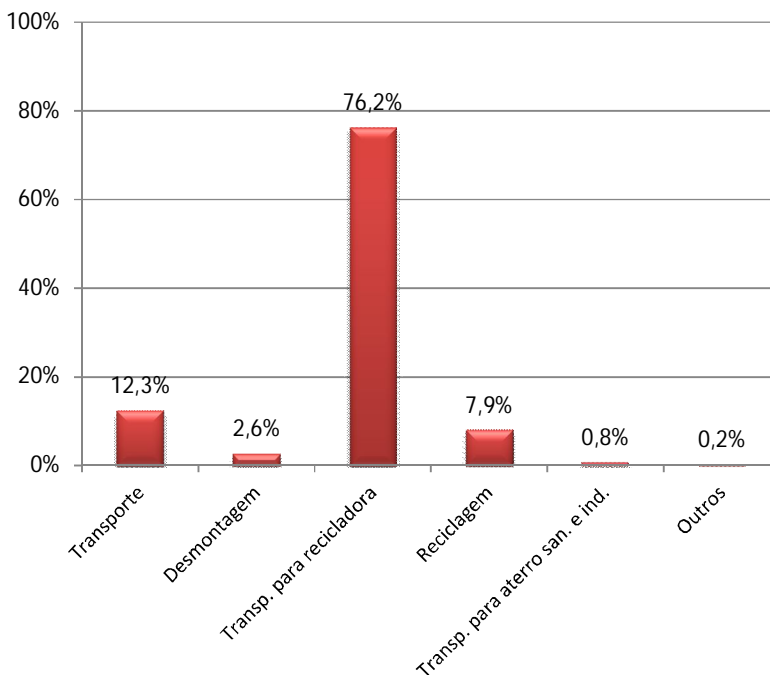
É importante também destacar que apesar da grande similaridade entre os modelos de compressores de pistão e rotativos a sua fabricação, clientes e logística reversa dos é feita de forma diferenciada, acarretando em diferenças relevantes no resultado final.

Os itens a seguir justificam os resultados obtidos.

6.6.2. Cenário 1- Plano de troca

A fim de determinar a contribuição em percentagem de cada um dos processos elementares para os 100 compressores, o impacto total gerado pela categoria de mudanças climáticas foi distribuído entre os processos elementares do Cenário 1 (Figura 17).

Figura 17. Mudanças Climáticas - Cenário 1.



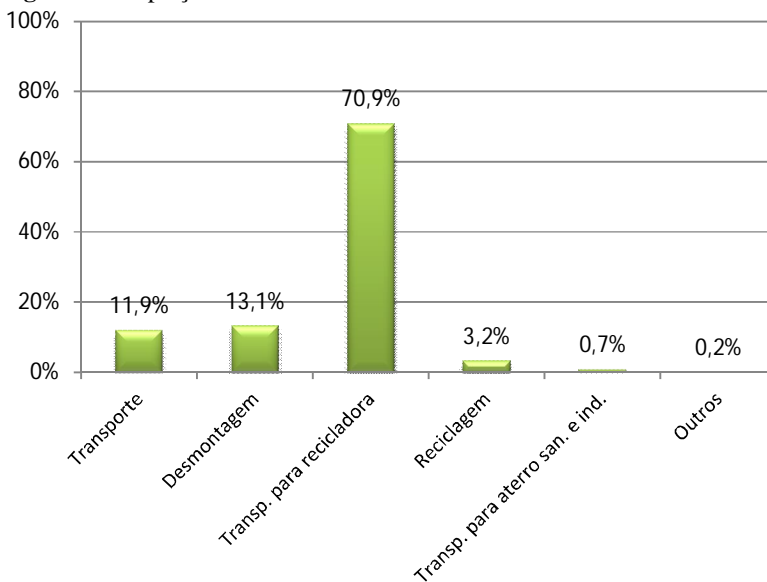
O processo que mais contribuiu para a geração de impacto foi o transporte para empresa recicladora, o qual percorre aproximadamente 352.100 km em caminhões de pequeno porte (3,5 a 7,5 toneladas). Enquanto o transporte para recolhimento de compressores antigos percorre aproximadamente 89.452,61 km em caminhões de grande porte (16 a 32 toneladas). Grande parte desta participação da atividade de transporte está associada ao uso do diesel como combustível na operação dos caminhões. O gás necessário para realizar o refinamento do petróleo e, por conseguinte, a transformação no combustível é o componente que mais contribui para a carga ambiental identificada para

o Cenário 1. Além disso, também há a liberação de CO₂ para atmosfera, decorrente do processo de transporte. Segundo Frischknecht e Jungbluth (2007) as emissões de CO₂ são calculadas com o teor de carbono dos combustíveis queimados e, assim, a totalidade do carbono no combustível foi considerado.

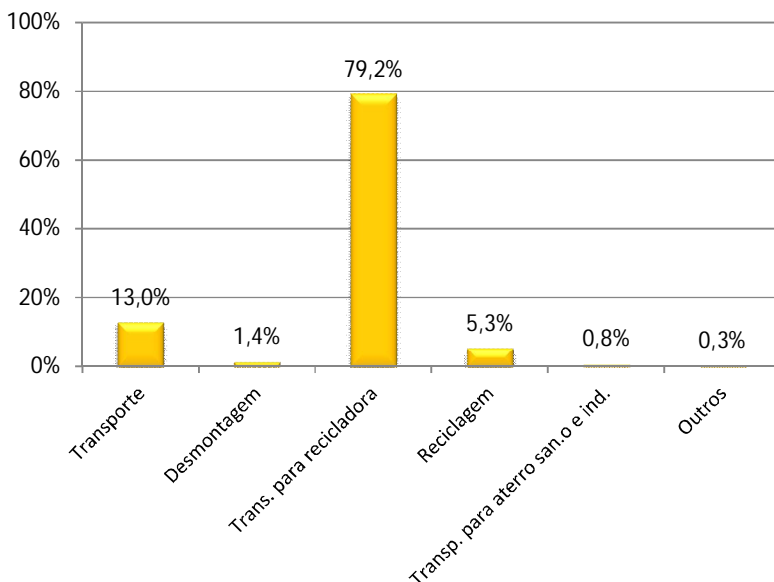
Outro processo que contribui de forma sutil para a categoria de mudança climática é a reciclagem do aço dos compressores. Nesse caso, o ferro-níquel utilizado como aditivo na fundição do metal é o principal contribuinte em razão da grande quantidade de CO₂ emitida no processo de fabricação do mesmo.

Em relação à categoria de depleção da camada de ozônio, o transporte das sucatas para recicladora foi identificada como atividade que mais contribui, detendo aproximadamente 80 % dos impactos em relação às outras etapas da logística reversa (Figura 18).

Nessa categoria, as etapas de extração do petróleo, em que este é transformado em diesel, havendo por consequência a emissão de compostos halogenados são as etapas mais críticas do Cenário 1. Outro processo que contribui para esta categoria foi a desmontagem completa dos compressores, mais especificamente devido à utilização de solventes na limpeza dos mesmos e a consequente liberação de metano proveniente da destinação final deste material.

Figura 18. Depleção da Camada de Ozônio - Cenário 1.

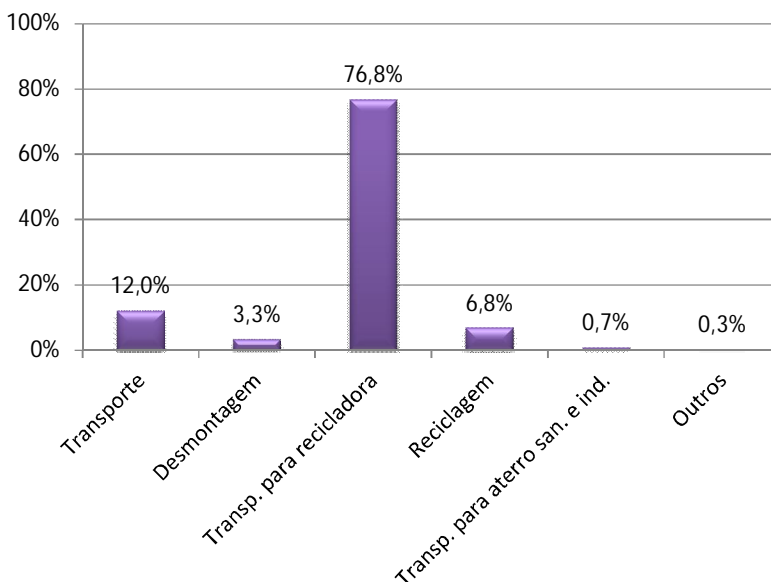
Na categoria de depleção fóssil, a etapa de transporte para reciclagem mantém a mesma tendência dos resultados apresentados nas categorias de impacto ambiental anteriores (Figura 19). Este fato justifica-se novamente pela grande utilização do diesel como combustível. O fato de o petróleo ser a matéria prima principal na produção de diesel, explica o desempenho desfavorável ao Cenário 1. Além do transporte para recicladora, a reciclagem de sucatas exhibe igualmente um comportamento desfavorável em relação às outras atividades da logística reversa, contudo, com uma quantidade de impactos pequena em relação a etapa de transporte para recicladora, em consequência do carvão necessário no processamento do ferro níquel utilizado na reciclagem de aço.

Figura 19. Depleção fóssil - Cenário 1.

A categoria de Demanda Acumulada de Energia contempla não somente a utilização direta de energia, mas a energia empregada durante todo o ciclo de vida dos produtos e processos envolvidos na logística reversa dos compressores. Esta categoria abrange o poder calorífico proveniente de fontes de energias renováveis (biomassa, eólica, solar, geotérmica e hidrelétrica) e não renováveis (fóssil, nuclear e biomassa). Esse método foi desenvolvido no início dos anos setenta, após a primeira crise do preço do petróleo e tem uma longa tradição. O valor em mega Joule (MJ) é determinado pela quantidade de energia retirada da natureza. (FRISCHKNECHT; JUNGBLUTH, 2007)

Nesta categoria a logística reversa apresentou-se como gargalo do sistema, a produção do combustível utilizado pelos caminhões (óleo diesel) com aproximadamente 76,8 % de MJ eq utilizados.

As demais etapas da logística reversa contribuem com uma parcela menor em relação ao transporte para recicladora, devido ao consumo do combustível (Figura 20).

Figura 20. Demanda Acumulada de Energia - Cenário 1.

6.6.3. Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa.

O Cenário 2 apresentou resultados semelhantes ao Cenário 1 em relação a proporção dos impactos ambientais nas referidas categorias e nos processos elementares. A principal mudança entre os dois cenários foi exclusivamente no transporte do aço para retalhamento e, por conseguinte na distância para reciclagem de materiais. No Cenário 2, a reciclagem do ferro e aço foi realizada dentro da própria empresa enquanto no Cenário 1 a reciclagem foi terceirizada.

Observou-se que, a etapa de transporte para reciclagem do Cenário 1 absorve uma quantidade consideravelmente superior de MJ equivalentes em relação a mesma etapa no Cenário 2 segundo todas as categorias de impacto. Este fato deve-se principalmente à redução da distância para que ocorra a reciclagem do aço e do ferro fundido. Em relação aos valores obtidos segundo as demais categorias, os cenários 1 e 2 são equivalentes, como mostra a Tabela 25.

Tabela 25. Comparação do Cenário 1 e 2 nas categorias de impacto avaliadas.

Categoria de impacto								
	Mudanças Climáticas		Depleção da camada de ozônio		Depleção fóssil		Demanda Acumulada de Energia	
Unidade	kg CO ₂ eq		kg CFC-11 eq		kg óleo eq		MJ	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Compressor carregado	7,02E+00	7,02E+00	6,01E-06	6,01E-06	1,20E-01	1,20E-01	7,27E+02	7,27E+02
Transporte	2,68E+04	2,68E+04	4,22E-03	4,22E-03	1,15E+03	1,15E+03	4,41E+05	4,41E+05
Descarregamento	7,02E+00	7,02E+00	6,01E-06	6,01E-06	1,20E-01	1,20E-01	7,27E+02	7,27E+02
Desmontagem	5,66E+03	5,66E+03	4,65E-03	4,65E-03	4,59E+02	4,59E+02	1,21E+05	1,21E+05
Fábrica para Ponto 2	1,48E+01	1,48E+01	1,26E-05	1,26E-05	2,50E-01	2,50E-01	1,53E+03	1,53E+03
Ponto 2 para Central de descarte	1,40E+02	1,40E+02	2,77E-05	2,77E-05	6,94E+00	6,94E+00	3,18E+03	3,18E+03
Transporte para recicladora	1,66E+05	1,38E+05	2,52E-02	2,10E-02	8,59E+03	7,16E+03	2,82E+06	2,35E+06
Transporte de aço	-	8,46E+02	-	1,29E-04	-	4,38E+01	-	1,44E+04
Reciclagem	1,73E+04	1,73E+04	1,15E-03	1,15E-03	6,24E+03	6,24E+03	2,51E+05	2,51E+05
Resíduo para aterro	1,69E+03	1,69E+03	2,56E-04	2,56E-04	5,85E+01	5,85E+01	2,73E+04	2,73E+04
Aterramento	2,04E+02	2,04E+02	9,99E-06	9,99E-06	1,33E+02	1,33E+02	3,91E+03	3,91E+03
Total	2,18E+05	1,91E+05	3,55E-02	3,15E-02	1,66E+04	1,53E+04	3,67E+06	3,22E+06

Da mesma forma que no Cenário 1, no Cenário 2 a etapa que mais gera impactos ambientais é a do encaminhamento do material para reciclagem. As etapas com menor impacto foram o carregamento e descarregamento de compressores do caminhão. Analisando os impactos ambientais totais do cenário 2, observa-se uma redução em relação ao cenário 1 em todas as categorias de impacto.

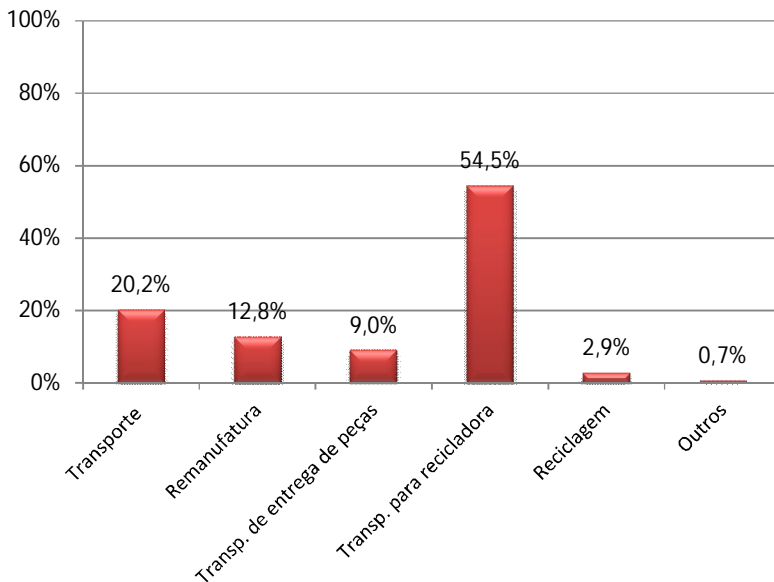
6.6.4. Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.

Na categoria de impacto para Mudanças Climáticas, foi observado uma distribuição dos impactos referentes a cada etapa da logística reversa para o Cenário 3a.

Neste cenário, o processo de transporte de materiais para recicladora foi o maior gerador de impactos em virtude das grandes distâncias percorridas pelos caminhões (143.801,59 km). Essa distância foi aproximadamente três vezes maior que a distância de recolhimento do produto no cliente.

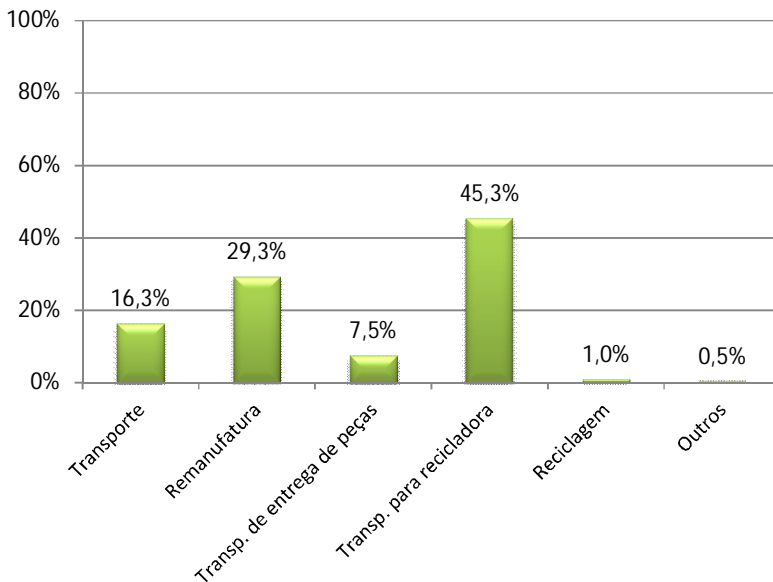
O consumo de óleo diesel para abastecimento do veículo, e consequente emissão de CO₂ para atmosfera, proveniente da combustão incompleta do combustível, foram as principais causas deste impacto.

O transporte de recolhimento de compressores nos clientes também contribuiu de forma significativa para este resultado, devido ao diesel usado como combustível. Apesar do transporte de entrega de peças percorrer uma distância consideravelmente maior que o transporte do cliente até o assistente, a massa transportada era substancialmente menor que o compressor completo. Vale ressaltar que neste caso, apenas 38% do valor das peças são da Schulz sendo as demais adquiridas localmente.

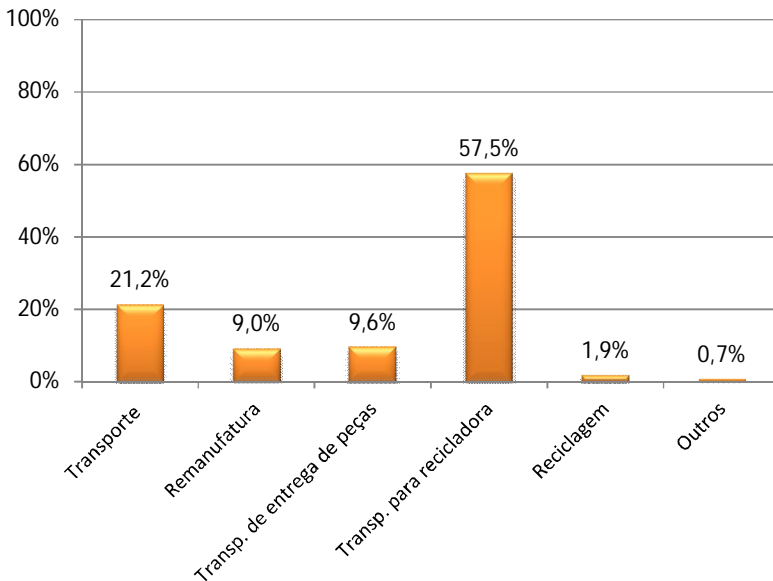
Figura 21. Mudanças Climáticas - Cenário 3a.

Para os impactos associados à Depleção da Camada de Ozônio, o transporte para empresas recicladoras também respondem pela maior parte do impacto. No entanto, neste caso, o impacto provém do craqueamento do petróleo para fabricação do diesel que é utilizado nos veículos, que realizam a coleta das sucatas nos assistentes técnicos.

Por sua vez, a remanufatura destacou-se por causa do consumo de solventes orgânicos, e a liberação de metano na destinação final dos solventes.

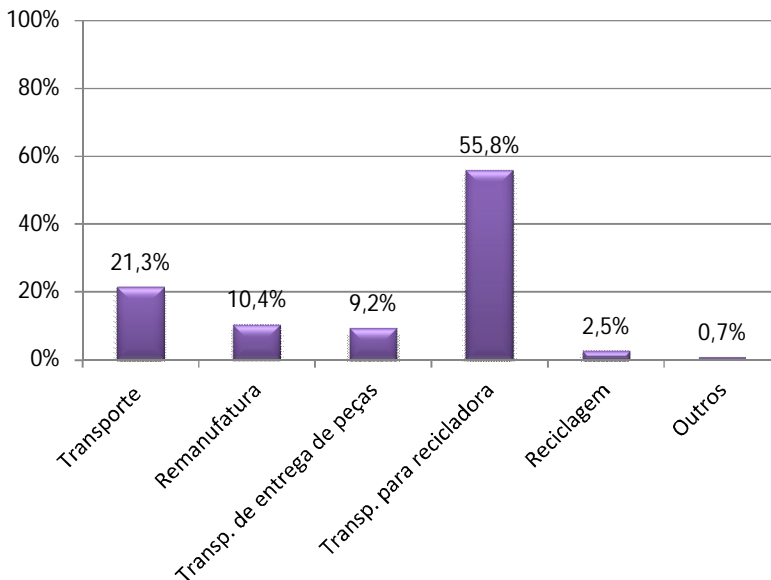
Figura 22. Depleção da Camada de Ozônio - Cenário 3a.

O transporte para as recicladoras permaneceu como o maior contribuinte nos impactos na categoria Depleção Fóssil. Este retém grande parte dos impactos ambientais em virtude da extração do petróleo para fabricação do óleo diesel. O transporte de coleta dos compressores nos clientes também possui impactos significativos devido ao mesmo motivo que na etapa de transporte para a recicladora, o óleo diesel. A Figura 23 mostra quais são os percentuais de contribuição de cada fase do cenário.

Figura 23. Depleção Fóssil - Cenário 3a.

Na categoria de Demanda Acumulada de Energia, o gargalo do sistema está na etapa de transporte de sucatas para empresas que reciclam os respectivos materiais. E mais uma vez, a produção do óleo diesel foi a responsável por tal comportamento neste panorama.

O transporte de recolhimento de compressores obsoletos nos clientes, também seguiu a tendência das categorias de impacto anteriores (Figura 24).

Figura 24. Demanda Acumulada de Energia - Cenário 3a.

6.6.5. Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.

Da mesma forma que o Cenário 1 e 2, os Cenários 3a e 3b apresentam resultados análogos. A diferença está na quantidade de peças de remanufatura, enviadas de Joinville em direção às cidades dos assistentes técnicos.

No Cenário 3a, aproximadamente 38 % do valor total das peças são compradas da Schulz, portanto, partem de Joinville e o restante das peças é adquirida localmente. O Cenário 3b foi semelhante ao Cenário 3a, porém 51 % das peças saem de Joinville. Devido a esta equivalência, os resultados das análises permaneceram semelhantes.

Tabela 26. Comparação entre os Cenários 3a e 3b nas categorias de impacto ambiental avaliadas.

Categoria de impacto								
	Mudanças Climáticas		Depleção da camada de ozônio		Depleção fóssil		Demanda Acumulada de Energia	
	kg CO ₂ eq		kg CFC-11 eq		kg óleo eq		MJ	
Unidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Carregamento	3,17E+00	3,17E+00	2,71E-06	2,71E-06	7,04E+00	7,04E+00	3,28E+02	3,28E+02
Transporte	3,26E+04	3,26E+04	4,94E-03	4,94E-03	1,12E+04	1,12E+04	5,53E+05	5,53E+05
Descarregamento	3,17E+00	3,17E+00	2,71E-06	2,71E-06	7,04E+00	7,04E+00	3,28E+02	3,28E+02
Remanufatura	2,06E+04	2,06E+04	8,89E-03	8,89E-03	4,76E+03	4,76E+03	2,70E+05	2,70E+05
Transporte para entrega de peças	1,45E+04	1,52E+04	2,28E-03	2,39E-03	5,04E+03	5,29E+03	2,39E+05	2,51E+05
Transporte para recicladora	8,78E+04	8,78E+04	1,37E-02	1,37E-02	3,03E+04	3,03E+04	1,45E+06	1,45E+06
Reciclagem	4,63E+03	4,63E+03	3,04E-04	3,04E-04	9,95E+02	9,95E+02	6,54E+04	6,54E+04
Transp. para aterro san.e ind.	9,39E+02	9,39E+02	1,42E-04	1,42E-04	3,11E+02	3,11E+02	1,47E+04	1,47E+04
Aterramento	2,00E+02	2,00E+02	7,03E-06	7,03E-06	6,72E+01	6,72E+01	3,78E+03	3,78E+03
Total	1,61E+05	1,47E+05	3,03E-02	2,80E-02	5,27E+04	4,76E+04	2,60E+06	2,61E+06

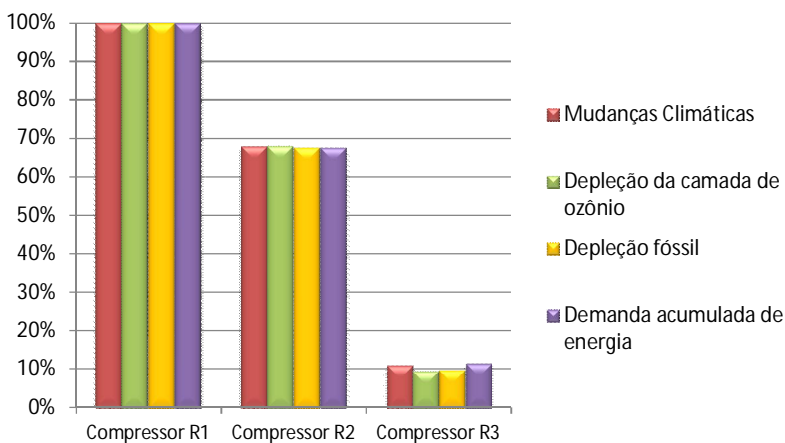
A Tabela 27 mostra uma comparação dos cenários, onde se pode observar que, em todas as categorias analisadas, a etapa de transporte de sucata para a empresa recicladora, foi o principal fator contribuinte para a geração dos impactos, devido às grandes distâncias e o pequeno porte dos veículos transportadores das peças deterioradas, para ambos Cenários.

Nos Cenários 1 e 2, o transporte de recolhimento dos compressores obsoletos nos clientes foi realizado por grandes caminhões com maiores capacidades de carga. Esse fato não ocorreu nos Cenários 3a e 3b, por isto o recolhimento dos compressores não foi tão relevante nesses Cenários.

6.6.6. Comparação dos três modelos de compressores.

O desempenho ambiental dos três modelos de compressores nos quatro cenários e nas categorias de impacto ambiental foram comparados, apesar do fato que cada compressor apresentar características peculiares (potência, geração de ar comprimido, público alvo e preço de venda do produto), o que leva a uma grande diferença do volume de produtos comercializados durante o ano.

Normalizando-se os resultados das análises, observou-se que os três modelos de compressores: R1, R2 e R3, apresentaram uma tendência em relação às categorias de impacto ambiental avaliadas (Figura 25). O modelo R1, foi o que apresentou maiores impactos ambientais, seguido do compressor R2, com aproximadamente 25 % de impactos menores e por fim o R3 com 95 % de danos menores. Estes valores resultam do volume significativo de compressores R1 que participam da logística reversa anualmente (53,8 unidades), o que leva a distâncias percorridas totais por estes produtos, e insumos utilizados pelos mesmos, superior as distâncias dos outros modelos.

Figura 25. Análise comparativa dos três modelos de compressores - Cenário 1

A Tabela 27 mostra que a alta participação dos compressores R1 na logística reversa os torna o modelo mais impactante em todos os quatro cenários, principalmente por causa da etapa de transporte de sucatas, que é sem dúvida a mais impactante em todos os cenários - em razão da extração do petróleo e a sua transformação em óleo diesel. Outra etapa da logística reversa que é relevante para uma alteração dos impactos gerados é o recolhimento do compressor antigo no cliente.

Tabela 27. Modelos de compressores por Cenário e categoria de impacto ambiental.

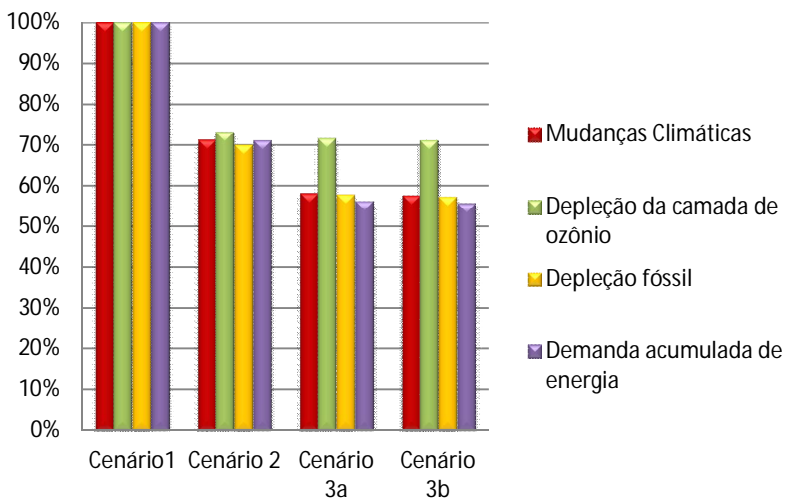
Cenário 1			
Categoria de impacto	R1	R2	R3
Mudanças Climáticas	100%	68%	11%
Depleção da camada de ozônio	100%	68%	9%
Depleção fóssil	100%	68%	10%
Demanda acumulada de energia	100%	68%	11%
Cenário 2			
Categoria de impacto	R1	R2	R3
Mudanças Climáticas	100%	66%	12%
Depleção da camada de ozônio	100%	66%	10%
Depleção fóssil	100%	65%	10%
Demanda acumulada de energia	100%	65%	13%
Cenário 3a			
Categoria de impacto	R1	R2	R3
Mudanças Climáticas	100%	71%	15%
Depleção da camada de ozônio	100%	69%	12%
Depleção fóssil	100%	69%	13%

Demanda acumulada de energia	100%	70%	14%
Cenário 3b			
Categoria de impacto	R1	R2	R3
Mudanças Climáticas	100%	72%	15%
Depleção da camada de ozônio	100%	70%	12%
Depleção fóssil	100%	70%	13%
Demanda acumulada de energia	100%	71%	14%

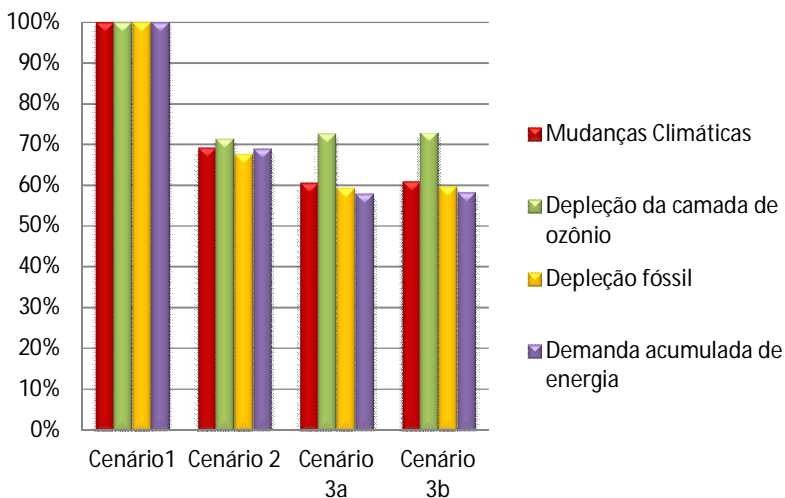
Nos quatro cenários, os impactos ambientais dos três compressores apresentam uma tendência, ou seja, ocorreu uma diferença de aproximadamente 30 % entre os modelos R1 e R2. E de aproximadamente 85 % entre os modelos R2 e R3, fator totalmente relacionado a quantidade de compressores que participam da logística reversa.

6.6.7. Análise isolada dos modelos de compressores

A partir da análise da Figura 26 pode-se observar que em relação ao compressor R1, o Cenário 1 apresentou o pior desempenho ambiental, seguindo pelo Cenário 2, 3a e 3b. O fator que determinou tal comportamento para este compressor foi o transporte para a reciclagem, haja vista uma grande diferença entre o produto da distância pela massa dos Cenários 1 e 2 para os Cenários 3a e 3b.

Figura 26. Compressor R1 nos Cenários por categorias de impacto ambiental.

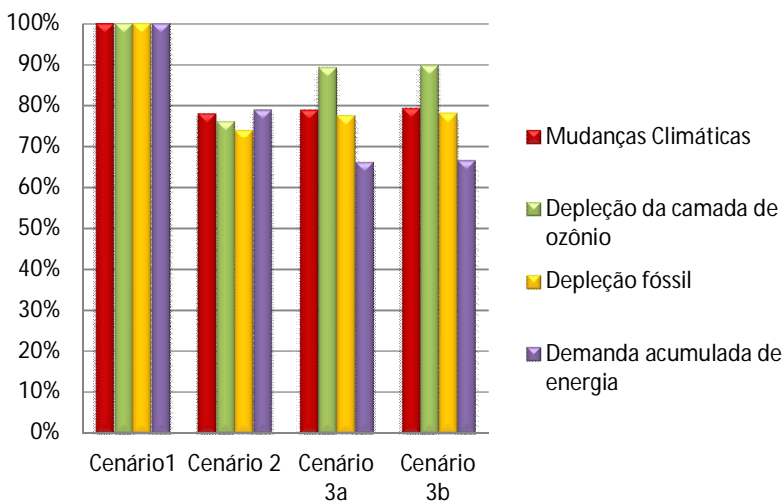
O impacto ambiental do compressor R2 no o Cenário 1 apresentou (Figura 27), devido às mesmas justificativas que as apresentadas no compressor R1.

Figura 27. Compressor R2 nos quatro Cenários por categorias de impacto ambiental.

No compressor R3, o Cenário 1 seguiu com o comportamento destacado pela grande geração de impactos (Figura 28). Uma peculiaridade notada no compressor R3 foi que os Cenários apresentam uma aproximação no que se refere aos impactos.

No modelo R3, o transporte de coleta no cliente e a remanufatura alteraram o desempenho deste compressor. Haja vista, a distância do transporte de sucatas nos três Cenários para o compressor R3, não seja muito expressiva, com uma diferença entre os cenários de aproximadamente 25%, porém o recolhimento de compressores no cliente dos Cenários 3a e 3b foi ligeiramente superior ao dos Cenários 1 e 2, além disso somado ao fato de que nos Cenários 3a e 3b, a desmontagem foi um fator relevante. Já no Cenário 1 e 2 foi pouco relevante, então ocorre um balanço destas três variáveis (transporte para reciclagem, recolhimento no cliente e remanufatura), aproximando esses dois grupos de Cenários para o modelo R3.

Figura 28. Compressor R3 nos quatro Cenários por categoria de impacto ambiental.



Ressalta-se que nos Cenários 1 e 2, em todos os modelos de compressores, a diferença ocorreu não apenas pela alteração das distâncias percorridas, mas também pela significância da massa das peças constituídas de aço e ferro, equivalente a 76% da massa total dos compressores. A diferença percentual, entre o produto da massa pela distância das peças de ferro e aço, destes dois Cenários foi de 25%.

A partir das seguintes considerações:

- Nos Cenários 1 e 2, o ponto de coleta é situado na região de Joinville;
- Nos Cenários 3a e 3b, os pontos de coleta são distribuídos pelo país;

Observou-se que os compressores R1 e R2, são vendidos a locais mais distantes de Joinville (até mesmo por que são vendidos em maiores quantidades), enquanto o compressor R3 é vendido para regiões relativamente mais próximas a Joinville.

Os compressores R1 e R2, nos Cenários 3a e 3b, foram ambientalmente mais adequados que os demais, em função da proximidade em relação à coleta do cliente. Já no compressor R3, o Cenário 2 foi o menor detentor de impactos. Ressalta-se também a importância de estudos posteriores, realizar a ACV de compressores maiores que o R3, para que seja possível perceber, o ponto em que os Cenários 3a e 3b apresentaram um baixo desempenho ambiental.

6.7. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO CICLO DE VIDA

Com o estudo ambiental concluído, foram levantadas as questões econômicas envolvidas na logística reversa de compressores. A análise ambiental feita no item anterior apresentou os impactos relacionados a cada Cenário envolvendo a totalidade dos compressores e impactos relacionados a cada modelo de compressor. Com esses valores, determinou-se o melhor Cenário, do ponto de vista ambiental, e os motivos que explicam os valores dos impactos observados, além do modelo de compressor com melhor desempenho em termos ambientais, nesta fase do ciclo de vida, como fator adicional ao estudo. Da mesma forma, identificaram-se os motivos pelos quais este modelo gerou menos impacto ambiental.

Neste item, são abordados alguns aspectos envolvidos em um projeto de implantação logística reversa. A distribuição dos custos econômicos de um projeto de logística reversa de compressores a ser implementado no Brasil, apresentam características muito particulares. Por representar um projeto inovador a distribuição dos custos é pouco conhecida para que se possam estabelecer os valores médios de cada etapa envolvida.

O detalhamento dos aspectos econômicos de um projeto é tão importante quanto à avaliação ambiental. A definição de cada etapa e

sua participação nos custos finais devem estar presentes no levantamento dos encargos financeiros necessários para a análise da viabilidade do projeto. Sobre os aspectos econômicos, podemos dividi-los em duas etapas distintas: os custos iniciais do projeto e os custos anuais com operação e manutenção.

Os custos iniciais de logística reversa englobam importantes encargos em diversas etapas tais como: instalação e infraestrutura e treinamentos, no entanto, como já existe uma linha de retrabalho na empresa, não foi necessária a construção um novo galpão. Além disso, os treinamentos também não foram necessários, haja vista a mão de obra treinada para realizar a desmontagem de equipamentos.

Nos custos anuais dos Cenários foram incluídos os seguintes itens (Tabela 28):

Tabela 28. Custos envolvidos na logística reversa

Etapas da Logística Reversa	Cenário 1 e 2	Cenário 3a e 3b
Ações de divulgação	Mensagens eletrônicas de marketing para assistentes técnicos	Folders para clientes
	Folders para clientes	Cartazes informativos para os funcionários da empresa por ano
	Mensagens eletrônicas de marketing para clientes,	Mensagens eletrônicas de marketing para clientes
	Cartaz informativo para os funcionários da empresa	Mensagens eletrônicas de marketing para clientes
	Mensagens eletrônicas de marketing para os funcionários	Mensagens eletrônicas de marketing para os funcionários
GLP	Empilhadeiras	Empilhadeiras
Transportes diversos	Transporte de recolhimento do produto (inclusos: seguro da carga, GRIS, pedágios e custo de despacho)	Transporte de recolhimento do produto e transporte de entrega de peça para o assistente técnico (inclusos: seguro da carga, GRIS, pedágios e custo de despacho)

	Transporte interno de resíduos e transporte externo de resíduos (Aterro sanitário: Não há impostos devido o enquadramento da empresa. Aterro industrial: 5% de ISS)	Transporte interno de resíduos e transporte externo de resíduos (Aterro sanitário: Não há impostos devido o enquadramento da empresa. Aterro industrial: 5% de ISS)
Remanufatura	-	Custos dos insumos, energia elétrica, ar comprimido, mão de obra necessária para desmanchar e remontar as peças danificadas
Desmanche	Mão de obra	-
	Custos dos insumos	
	Ar comprimido	
	Energia elétrica	
Retalhamento de peças de aço	Valor pago a empresa que coleta, retalha e entrega novamente o aço beneficiado para a fundição da própria empresa.	-
Venda de peças	-	Valor obtido da venda das peças para o assistente técnico. Inclusos ICMS, PIS, Confins e IPI.
Custo de destinação final	Destinação para aterro sanitário e aterro industrial	Destinação para aterro sanitário e aterro industrial
Venda de sucata	Valor obtido da venda de sucatas, estão descontados os ICMS	Valor obtido da venda de sucatas estão descontados os ICMS
Despesas administrativas	Chamadas telefônicas e impressões de	Chamadas telefônicas e impressões de

	documentos	documentos.
Depreciação do imóvel	Custos de construção da fábrica são rateados proporcionalmente em relação a área ocupada até 10 anos, após e edificação dos mesmos	-
Aluguel	-	Valor do aluguel pago pelos representantes comerciais e todos os impostos necessários para remanufatura do compressor
Mão de obra	-	Custo anual da mão de obra contratada pela empresa a fim de realizar a verificação dos procedimentos de logística reversa em acordo com a PNRS.
Viagens	-	Contabilizado o transporte, acomodação e alimentação.
Manutenção de ferramentas	Incluso o valor da manutenção de uma talha elétrica, as demais ferramentas por serem manuais ou mecânicas, não necessitam de manutenção.	Não ocorre manutenção de ferramentas pelo fato de grande parte dos assistentes técnicos trabalharem apenas com ferramentas manuais ou mecânicas.

6.7.1. Cenário 1- Plano de troca.

Com a implantação do Cenário 1, a empresa teria a receita de R\$ 138.099,66 (Tabela 29) na logística reversa dos 100 compressores. Os valores dos custos estão identificados entre parênteses.

Tabela 29. Receitas e despesas- Cenário 1

	Entradas e saídas (R\$)
Ações de divulgação	(3.842,00)
GLP	(227,10)
Transporte de Recolhimento do produto	(39.003,09)
Desmanche	(10.918,47)
Transporte interno de resíduos	(935,44)
Transporte externo de resíduos	(242,70)
Destinação em aterro sanitário e industrial	(2.292,79)
Venda de sucata	213.305,08
Depreciação do imóvel	(900,00)
Manutenção de ferramentas	(4.000,00)
Despesas administrativas	(309,6)
Fator de segurança	20%
Total	138.099,66

A receita com a logística reversa dos compressores R1 seria de R\$ 51.536,47, dos compressores R2 seria R\$ 49.474,00 e dos compressores R3, R\$ 37.089,18 (Tabela 30).

A receita representada pelos compressores R1 foi superior aos demais modelos de compressores devido ao alto valor agregado na venda de sucatas, pelo grande número de compressores que participaram da logística.

O fato de haver poucas unidades do modelo R3 (8) que participaram da logística reversa reduziu o lucro atribuído à venda de sucatas, justificando a receita inferior aos demais modelos.

Tabela 30. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 no Cenário 1

Entradas e Saídas (R\$)			
	Compressor R1	Compressor R2	Compressor R3
Ações de divulgação	(2.067,00)	(1.467,64)	(307,36)
GLP	(122,18)	(86,75)	(18,17)
Transporte de Recolhimento do produto	(16.454,20)	(16.695,47)	(5.853,41)
Desmanche	(4.522,45)	(3.393,17)	(3.002,85)
Transporte interno de resíduos	(280,87)	(457,95)	(196,62)
Transporte externo de resíduos	(71,29)	(133,56)	(37,85)
Destinação em aterro sanitário e industrial	(1.031,55)	(1.006,66)	(254,58)
Venda de sucata	84.359,23	79.751,54	49.194,31
Depreciação do imóvel	(484,20)	(343,80)	(72,00)
Manutenção de ferramentas	(2.152,00)	(1.528,00)	(320,00)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	51.536,47	49.474,00	37.089,18

6.7.2. Cenário 2 - Plano de troca com refundição na empresa.

Com a implantação do Cenário 2 a empresa teria a receita total de R\$ 157.208,88 (Tabela 31). A receita foi de aproximadamente R\$19.109,22, maior ao observado no Cenário 1.

Tabela 31. Balanço de entradas e saídas - Cenário 2

	Entradas e saídas (R\$)
Ações de divulgação	(3.842)
GLP	(229,04)
Transporte de Recolhimento do produto	(39.003,09)
Desmanche	(10.918,47)
Retalhamento de peças de aço	(2179,34)
Transporte interno de resíduos	(172,03)
Transporte interno até fundição	(763,42)
Transporte externo de resíduos	(242,70)
Destinação em aterro sanitário e industrial	(2.292,79)
Venda de sucata	228.311,99
Venda de sucata para fundição	(6.719,85)
Depreciação do imóvel	(900,00)
Manutenção de ferramentas	(4.000,00)
Despesas administrativas	(309,6)
Fator de segurança	20%
Total	157.208,88

Com a logística reversa, a receita com os compressores R1 seria de R\$ 57.606,52. Para os compressores R2 seria de 54.347,75 e dos compressores R3, R\$ 45.254,60.

A Tabela 32 aponta valores muito semelhantes ao Cenário 1, diferenciando apenas na etapa de venda de sucatas. No cenário 2 o valor pago pela sucata de aço e ferro pela própria Schulz é aproximadamente 2 vezes superior ao valor pago pelos sucateiros no Cenário 1, pois a venda da Schulz Compressores se dá diretamente para Schulz Automotiva, não havendo nenhum intermediário entre as mesmas.

Da mesma forma que no Cenário 1, a receita dos compressores R1 foi superior aos demais em consequência do grande volume representado pelas venda de sucatas.

Tabela 32. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 2.

Entradas e Saídas (R\$)			
	Compressor R1	Compressor R2	Compressor R3
Ações de divulgação	(2.067,00)	(1.467,64)	(307,36)
GLP	(123,22)	(87,49)	(18,32)
Transporte de Recolhimento do produto	(16.454,20)	(16.695,47)	(5.853,41)
Desmanche	(4.522,45)	(3.393,17)	(3.002,85)
Retalhamento de peças de aço	(1.021,42)	(763,64)	(394,29)
Transporte interno de resíduos	(48,48)	(84,38)	(39,17)
Transporte interno até fundição	(232,39)	(373,57)	(157,46)
Transporte externo de resíduos	(71,29)	(133,56)	(37,85)
Destinação em aterro sanitário e industrial	(1.031,55)	(1.006,66)	(254,58)
Venda de sucata	90.268,60	83.966,88	54.076,51
Venda de sucata para fundição	(1.387,63)	(1.575,67)	(3.756,55)
Depreciação do imóvel	(484,20)	(343,80)	(72,00)
Manutenção de ferramentas	(2.152,00)	(1.528,00)	(320,00)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	57.606,52	54.347,75	45.254,60

6.7.3. Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.

Nos cenários a seguir será analisado o balanço de entradas e saídas que a empresa e os assistentes técnicos terão com a logística reversa.

Com a implantação do Cenário 3 ocorreu o envolvimento total de R\$ 713.310,94 (Tabela 33). Neste Cenário, os custos são superiores dos outros dois Cenários, principalmente devido ao retorno financeiro obtido com a venda de sucatas nos Cenários anteriores.

Tabela 33. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3a

	Entradas e Saídas (R\$)
Ações de divulgação	(4.292,00)
GLP	(43,48)
Transporte de Recolhimento do produto	(34.169,05)
Remanufatura	(17.575,22)
Compra de peças	(313.834,03)
Transporte de entrega de peças	(89.503,51)
Venda de sucata	6.231,73
Transporte para aterro industrial	(153,78)
Aterramento	(2.080,22)
Aluguel	(36.000,00)
Mão de obra	(93.600,00)
Viagens	(8.058,00)
Despesas administrativas	(309,60)
Fator de segurança	20%
Total	(713.310,94)

Na logística reversa dos compressores R1 a receita dos valores envolvidos foi de R\$ 377.765,21, dos compressores R2 foi de R\$ 274.693,41 e dos compressores R3, 60.852,32 (Tabela 34).

O valor da venda de peças dos compressores R2 e seu transporte são inferiores aos compressores R1, além disso, o aluguel, a mão de obra e o valor as viagens são proporcionais ao número de compressores, ou seja, como o compressor R2 contribui com menos unidades, então estes valores também são reduzidos.

O balanço negativo do compressor R3, foi inferior ao R1 e ao R2, por haver poucas unidades deste modelo de compressor que participaram da logística reversa. Dessa forma, o lucro com a venda de sucatas também foi inferior.

Tabela 34. Balanço de entradas e saídas para o compressor R1, R2 e R3 no Cenário 3a

Entradas e Saídas (R\$)			
	Compressor R1	Compressor R2	Compressor R3
Ações de divulgação	(2.309,10)	(1.639,54)	(343,36)
GLP	(23,39)	-(16,61)	(3,48)
Transporte	(18.211,60)	(13.411,96)	(2.545,49)
Remanufatura	(8.461,32)	(6.702,06)	(2.411,84)
Compra de peças	(165.598,69)	(121.762,08)	(26.473,26)
Transporte de peças	(47.563,21)	(34.334,99)	(7.605,31)
Venda de sucata	2.898,78	2.963,59	369,36
Transporte para aterro industrial	(43,25)	(74,96)	(35,58)
Aterramento	(782,87)	(735,01)	(562,34)
Aluguel	(19.368,00)	(13.752,00)	(2.880,00)
Mão de obra	(50.356,80)	(35.755,20)	(7.488,00)
Viagens	(4.335,20)	(3.078,16)	(644,64)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	(377.765,21)	(274.693,41)	(60.852,32)

6.7.4. Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.

Implantando o Cenário 3b a empresa terá um custo total de R\$ 816.464,94 (Tabela 35). Neste Cenário o valor monetário envolvido foi cerca de R\$100.000 superior ao Cenário 3a. Esse fato deve-se principalmente em virtude do aumento do valor as vendas de peças de remanufatura.

Tabela 35. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3b

	Entradas e Saídas (R\$)
Ações de divulgação	(4.292,00)
GLP	(46,58)
Transporte de Recolhimento do produto	(34.169,05)
Remanufatura	(17.575,22)
Compra de peças	(399.792,59)
Transporte de entrega de peças	(89.503,52)
Venda de sucata	6.231,73
Transporte para aterro industrial	(153,78)
Aterramento	(2.080,22)
Aluguel	(36.000,00)
Mão de obra	(93.600)
Viagens	(8.058,00)
Despesas administrativas	(309,6)
Fator de segurança	20%
Total	(816.464,94)

Na logística reversa apenas dos compressores R1 a receita envolvida foi de R\$ 411.416,09, dos compressores R2 foi de R\$327.418,81 e dos compressores R3 foi de R\$ 77.395,60 (Tabela 36).

A receita representada pelo compressor R2 foi inferior ao R1, em razão do número de compressores envolvidos também ser menor e ao valor da venda de sucatas do compressor R2 ser superior ao R1.

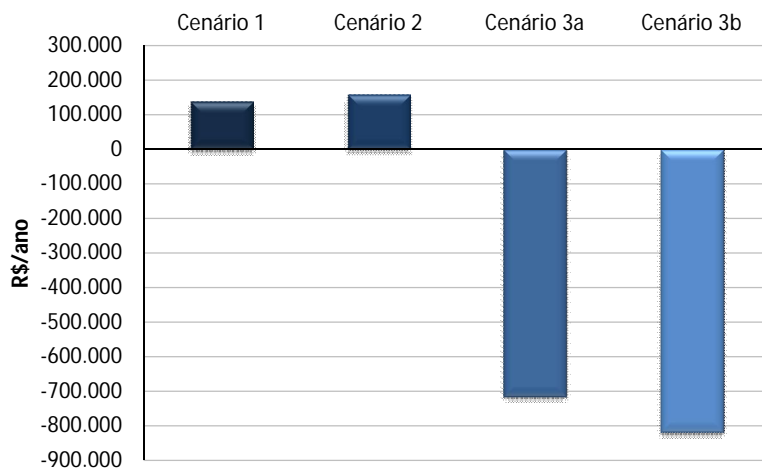
De uma forma geral, todos os valores envolvidos na logística reversa do modelo R3 foram reduzidos, em virtude do pequeno número de compressores que participam do programa.

Tabela 36. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 3b

Entradas e Saídas (R\$)			
	Compressor R1	Compressor R2	Compressor R3
Ações de divulgação	(2.309,10)	(1.639,54)	(343,36)
GLP	(25,06)	(17,80)	(3,73)
Transporte	(18.211,60)	(13.411,96)	(2.545,49)
Remanufatura	(8.461,32)	(6.702,06)	(2.411,84)
Compra de peças	(193.703,30)	(1.165.798,81)	(40.290,48)
Transporte de entrega de peças	(47.499,34)	(34.234,91)	(7.573,91)
Venda de sucata	2.898,78	2.963,59	369,36
Transporte para aterro industrial	(43,25)	(74,96)	(35,58)
Aterramento	(782,87)	(735,01)	(562,34)
Aluguel	(19.368,00)	(13.752,00)	(2.880,00)
Mão de obra	(50.356,80)	(35.755,20)	(7.488,00)
Viagens	(4.335,20)	(3.078,16)	(644,64)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	(411.416,09)	(327.418,81)	(77.395,60)

A Figura 29 representa o desfecho dos custos e receitas referente aos quatro Cenários de logística reversa analisados. Sendo o Cenário 2 o mais interessante economicamente, seguindo pelo Cenário 1, Cenário 3a e por fim o Cenário 3b como o mais custoso.

Figura 29. Distribuição dos custos econômicos nos quatro Cenários.



6.8. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO CICLO DE VIDA PELA PERSPECTIVA EMPRESARIAL

Nesse caso serão analisados apenas o balanço de entradas e saídas da empresa, desprezando as movimentações financeiras dos representantes comerciais. Para o cenário 1 e 2 essa análise não será feita, pois não houve o envolvimento dos representantes comerciais nesses cenários, dessa forma será utilizado o mesmo resultado da análise geral.

6.8.1. Cenário 3a - Parceria com assistentes técnicos.

No cenário 3a foi assumido que o frete seria do tipo CIF, portanto o pagamento de 38% das peças ficou por conta do assistente técnico. Neste caso, a empresa possui menos responsabilidades financeiras que os outros Cenários. As despesas com o recolhimento do produto, a desmontagem, transporte de resíduos, GLP e compra das peças de remanufatura ficaram por conta do assistente técnico, inclusive os lucros com a revenda de sucatas.

No caso da análise geral a empresa teve a receita de R\$ 78.913,64 (Tabela 37). A empresa apresentou diversas despesas, entre elas a divulgação, GLP, transporte de peças, mão de obra especializada, viagens e despesas administrativas. O único lucro da empresa foi com a venda das peças de reposição, a qual supera todos os outros gastos.

Tabela 37. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3a.

Cenário 3^a	Entradas e Saídas (R\$)
Ações de divulgação	(4.292,00)
GLP	(3,88)
Venda de peças	313.834,03
Transporte de peças	(89.503,51)
Mão de obra	(93.600,00)
Viagens	(8.058,00)
Despesas administrativas	(309,6)
Fator de segurança	20%
Total	78.913,64

No caso dos compressores do modelo R1, o lucro foi de R\$ 39.995,78 (Tabela 39). Para os compressores do modelo R2, o lucro foi de R\$ 31.969,01, em virtude de um menor lucro com a venda de peças, em razão de uma menor quantidade de compressores peças de

remanufatura comercializadas. Em relação aos compressores do modelo R3 o lucro foi de R\$ 7.183,28, também em virtude do baixo lucro com a venda de peças em razão da pouca quantidade de compressores peças de remanufatura comercializadas.

Tabela 38. Balanço de entradas e saídas para os compressores R1, R2 e R3 - Cenário 3a.

Entradas e Saídas (R\$)			
	Compressor R1	Compressor	Compressor
Ações de divulgação	(2.309,10)	(1.639,54)	(343,36)
GLP	(2,09)	(1,48)	(0,31)
Venda de peças	165.598,69	121.762,08	26.473,26
Transporte de peças	(47.499,34)	(34.234,91)	(7.573,91)
Mão de obra	(50.356,80)	(35.755,20)	(7.488,00)
Viagens	(4.335,20)	(3.078,16)	(644,64)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	39.995,78	31.969,01	7.183,28

6.8.2. Cenário 3b - Parceria com assistentes técnicos.

No Cenário 3b, foram assumidas as mesmas prerrogativas que para o Cenário 3a, porém o pagamento de 51 % das peças ficou por conta do assistente técnico. A receita foi de R\$ 164.869,08 para o Cenário 3b (Tabela 39), valor superior ao do Cenário 3a devido a maior porcentagem de peças vendidas pela empresa.

Tabela 39. Balanço de entradas e saídas - Cenário 3b.

	Entradas e Saídas (R\$)
Ações de divulgação	(4.292)
GLP	(6,47)
Venda de peças	399.792,59
Transporte de entrega de peças	(89.503,52)
Mão de obra	(93.600)
Viagens	(8.058,00)
Despesas administrativas	(309,6)
Fator de segurança	20%
Total	164.869,08

Os compressores de modelo R1 tiveram a receita de R\$ 68.022,07, também superior ao mesmo modelo no Cenário anterior (Tabela 40).

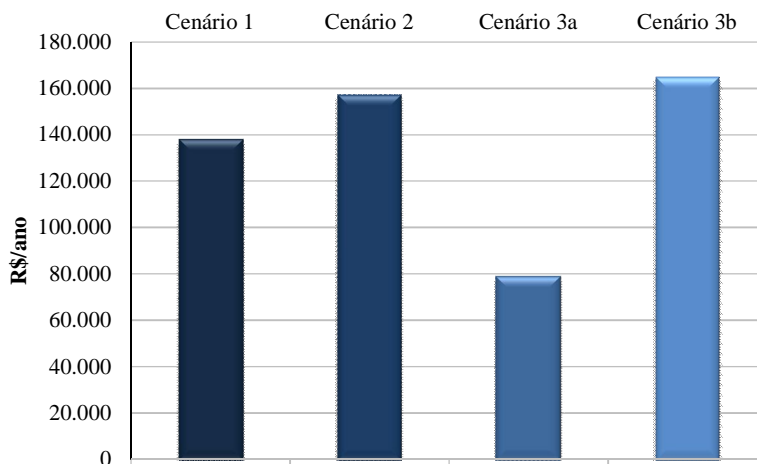
No caso dos compressores do modelo R2, a situação permanece mais vantajosa para o Cenário 3b.

Respeitando a tendência observada nos modelos anteriores, o lucro para o modelo R3, também foi superior ao Cenário anterior.

Tabela 40. Balanço de entradas e saídas para o compressor R1 - Cenário 3b.

Entradas e Saídas			
	Compressor R1	Compressor R2	Compressor R3
Ações de divulgação	(2.309,10)	(1.639,54)	(343,36)
GLP	(3,48)	(2,47)	(0,52)
Venda de peças	193.703,30	165.798,81	40.290,48
Transporte de entrega de peças	(47.563,21)	(34.334,99)	(7.605,31)
Mão de obra	(50.356,80)	(35.755,20)	(7.488,00)
Viagens	(4.335,20)	(3.078,16)	(644,64)
Despesas administrativas	(166,56)	(118,27)	(24,77)
Fator de segurança	20%	20%	20%
Total	68.022,07	75.884,45	20.962,56

A Figura 30 apresenta graficamente a conclusão das receitas nos quatro Cenários de logística reversa pela empresa. O Cenário 3b foi o mais interessante economicamente, seguido pelo Cenário 2, Cenário 1 e por fim o Cenário 3a.

Figura 30. Distribuição dos custos econômicos nos quatro Cenários.

Após análise dos Cenários foi observado que, para a empresa, é mais rentável realizar a parceria com os assistentes técnicos e vender 51% das peças de reposição e como segunda opção deslocar o compressor até Joinville e refundir as peças de ferro e aço dentro da própria empresa.

6.9. ECOEFICIÊNCIA

A ecoeficiência baseia-se em dois dos três pilares da sustentabilidade, econômico e ambiental. Os itens a seguir irão detalhar os quatro cenários sob duas análises econômicas: a perspectiva econômica avaliada de forma geral, ou seja as movimentações financeiras dos representantes comerciais e a perspectiva econômica da empresa que avalia apenas os custos e receitas da empresa.

6.9.1. Perspectiva geral

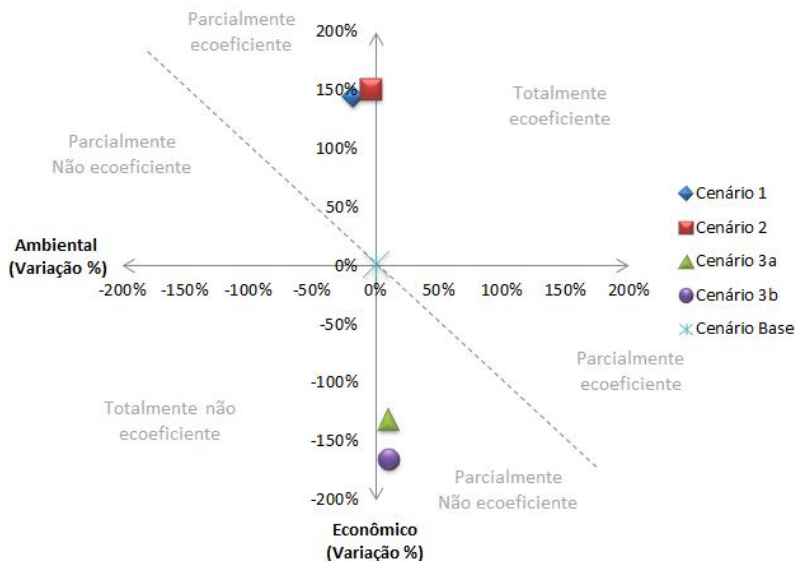
Após a normalização dos dados ambientais aplicou-se a Equação 5, a fim de estabelecer o Cenário mais ecoeficiente (Tabela 41).

Tabela 41. Ecoeficiência pela perspectiva geral.

	Econômico (R\$)	Varição econômica (%)	Ambiental	Varição ambiental (%)
Cenário Base	(308.616,84)	0,00	1,00	0,00
Cenário 1	138.099,66	144,75	1,18	(17,88)
Cenário 2	157.208,88	150,94	1,03	(3,46)
Cenário 3a	(713.310,94)	(131,13)	0,89	10,86
Cenário 3b	(816.464,94)	(164,56)	0,90	10,48

Analisando-se a Figura 31, é possível observar que não existem Cenários caracterizados como ecoeficientes e nem Cenários não ecoeficientes. Traçando-se uma linha imaginária no vértice do gráfico pode-se dividi-lo ainda em duas outras subcategorias: os parcialmente não ecoeficientes e os parcialmente ecoeficientes.

Há dois grupos de resultados de Cenários parcialmente ecoeficientes, formado dos Cenários 1 e 2 e o grupo dos Cenários parcialmente não ecoeficiente composto pelos Cenários 3a e 3b.

Figura 31. Ecoeficiência pela perspectiva geral.

Economicamente, os Cenários 1 e 2 são mais vantajosos em relação aos demais, resultando em valores positivos no eixo econômico.

No entanto, em termos ambientais são piores que o Cenário referência, resultando em valores negativos no eixo ambiental.

Economicamente, os Cenários 3a e 3b foram mais desfavoráveis, embora em termos ambientais tenham obtido bom desempenho. O Cenário 3a foi o que apresentou melhor desempenho devido a uma menor variação econômica e também em virtude das variações ambientais estarem muito próximas (10,86% para o Cenário 3a e 10,48% para o Cenário 3b).

Pode-se classificar em ordem de ecoeficiência: Cenário 2, Cenário 1, Cenário 3a e Cenário 3b.

6.9.2. Perspectiva empresarial

Nesse item o fator econômico é analisado apenas sob a perspectiva da empresa (Figura 30) e o fator ambiental é analisado sob a perspectiva geral do sistema.

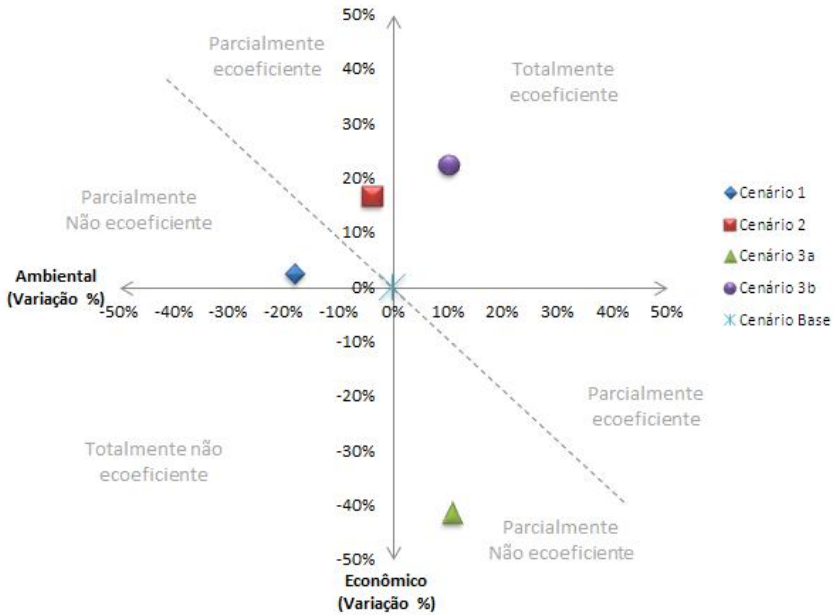
Tabela 42. Ecoeficiência pela perspectiva empresarial

	Econômico (R\$)	Variação econômica (%)	Ambiental	Variação ambiental (%)
Cenário Base	134.772,81	0,00	1,00	0,00
Cenário 1	138.099,66	0,02	1,18	(0,18)
Cenário 2	157.208,88	0,17	1,03	(0,03)
Cenário 3a	78.913,64	(0,41)	0,89	0,11
Cenário 3b	164.869,08	0,22	0,90	0,10

Observou-se que o Cenário 3b apresenta um comportamento positivo diferente dos demais. Observou-se que apesar dos Cenários 3a e 3b possuírem variações ambientais semelhantes o comportamento econômico negativo do Cenário 3a foi determinante para que um fosse classificado como ecoeficiente e outro como não ecoeficiente.

O Cenário 1 e o Cenário 2 destacam-se pelo comportamento ambiental negativo em comparação ao Cenário base. Apesar de ambos apresentarem um bom desempenho econômico, apenas a variável econômica não os tornaria ecoeficientes.

Figura 32. Ecoeficiência pela perspectiva empresarial



Pode-se classificar em ordem prioritária de ecoeficiência: Cenário 3b, Cenário 2, Cenário 1 e Cenário 3a.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo foi um ponto de partida para a aplicação dos conceitos de ecoeficiência para o sistema de gestão ambiental do setor industrial. Além disso, o estudo também permitiu que fossem realizadas as análises da viabilidade ambiental e econômica de diferentes cenários de logística reversa sob a ótica da ACV e da AECV as quais permitiram evidenciar os desempenhos de quatro cenários de logística reversa. Foram tomadas as seguintes conclusões para objetivos específicos:

- Objetivo específico 1: “Identificar cenários de logística reversa aplicáveis para a realidade da empresa”, foram determinados quatro Cenários compatíveis com a atual conjuntura da Schulz. Cenário 1 de plano de troca com desmembramento de 100% do compressor, Cenário 2 de plano de troca com desmembramento de 100% do compressor e refundição das peças de ferro fundido e aço dentro da própria empresa, Cenário 3a de parceria com representantes comerciais e compra de 38% do valor financeiro das peças da Schulz e Cenário 3b de parceria com representantes comerciais e compra de 51% do valor financeiro das peças da Schulz. Estes estão apoiados em dados primários coletados diretamente na indústria e complementados por dados secundários da base de dados.

- Objetivo específico 2: “Quantificar os impactos ambientais dos Cenários de logística reversa”, foi realizado por meio da metodologia de ACV pelo método ReCiPe 2008. Identificou-se que:

- A etapa de transporte de sucata para a empresa recicladora foi o principal fator contribuinte para a geração dos impactos nos quatro cenários e nas quatro categorias de impacto avaliadas, devido às grandes distâncias percorridas pelos caminhões.

- O Cenário 3a - de parceria com assistentes técnicos e compra de 38% das peças originais - é o mais adequado ambientalmente, seguido pelo Cenário 3b - de parceria com assistentes técnicos e compra de 51% das peças originais, Cenário 2 - de desmanche do compressor e refundição na empresa - e, por fim, o Cenário 1 - de desmanche total do compressor e revenda das sucatas para empresas recicladoras.

- Objetivo específico 3: “Analisar custos de cada Cenário”, foi alcançado por meio da AECV. Por meio da análise foi possível constatar que:

– Considerando a empresa e os assistentes técnicos, o Cenário 2 foi o que obteve o melhor resultado econômico devido ao alto retorno financeiro obtido com a venda de sucatas e por sua vez o Cenário 3b o que constou como o pior resultado.

– Explorando o balanço de entradas e saídas apenas sob a perspectiva empresarial, o Cenário 3b apresentou melhor resultado, devido ao grande valor obtido pela empresa com a venda de peças de reposição, seguido pelo Cenário 2, pelo cenário 1, e por fim, pelo Cenário 3a.

- Objetivo específico 4: “Comparar Cenários de logística com base nos resultados ambientais e econômicos” foi alcançado com êxito com o auxílio dos procedimentos de normalização dos resultados ambientais a fim de estabelecer um valor único para cada panorama e da matriz de ecoeficiência.

- Objetivo específico 5: “Identificar o cenário mais Ecoeficiente” observou-se que:

– Avaliando sob uma ótica geral, ou seja, considerando a empresa e os assistentes técnicos o Cenário 2 foi o mais Ecoeficiente, seguido do Cenário 1, Cenário 3a e, por fim, o Cenário 3b. O bom desempenho econômico do Cenário 2 foi um fator relevante para que esse cenário se destacasse sobre os demais.

– Sob a ótica empresarial, em que apenas balanço de entradas e saídas referentes à empresa são contabilizados, o Cenário 3b foi o mais Ecoeficiente seguido do Cenário 2, Cenário 1 e Cenário 3a. O cenário 3b apresentou-se como o mais Ecoeficiente por ter apresentado bom desempenho ambiental e o melhor retorno financeiro para a empresa dentre todos os cenários.

Recomendações para estudos posteriores

Existem diversos pontos a respeito da logística reversa que ainda devem ser tratados com cautela:

- Determinação do número de pontos de recolhimento de produtos; a quantidade e localização de *pools* de materiais ou pontos intermediários, a questão da separação de componentes específicos do compressor a fim de reduzir o peso total transportado e a viabilidade de

reutilização de determinadas peças em bom estado de conservação em outros produtos;

- Variar as taxas de adesão ao programa;
- Ampliação das fronteiras do sistema para englobar a etapa de venda do produto;
- Quantificação das emissões de efluentes líquidos e gasosos relativos a etapa de desmontagem dos compressores;
- Verificação do grau de eficiência da reciclagem de materiais;
- Determinação das cidades que apresentam pior e melhor desempenho e a partir destes dados estruturar novos canais logística reversa mais Ecoeficientes.
- Aprofundamento nas questões do incentivo econômico na logística reversa por meio de descontos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 14040 (a). Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, 2009. 21p.

ABNT NBR ISO 14044 (b). Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, 2009. 46p.

ABNT NBR 15833. Manufatura Reversa de aparelhos de refrigeração. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, 2010.

ABNT NBR 16156. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos- Requisitos para atividade de manufatura reversa . **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, Rio de Janeiro, 2013. 26p.

ABNT. **Associação brasileira de normas técnicas**. ABNT/CB-03 1º Projeto 03:111-01-009. Disponível em: <<http://www.abntonline.com.br/consultanacional/default.aspx>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

ATLAS COPCO AIR POWER. **Compressed Air Manual**. 7th ed. Bélgica, 2010. 72p.

BALLARDIN, Rachel; BORNIA, Antônio Cezar; TEZZA, Rafael. Uma análise dos custos logísticos de distribuição no processo de exportação de veículos do Brasil para a Argentina: um estudo de caso. **Revista ANTT**, v. 2, p. 2, 2010.

BARBOSA, Adriana et al. **Logística reversa o reverso da logística**. 2005. Disponível em: <<http://www.guialog.com.br/ARTIGO394.htm>>. Acesso em: 22 jan., 2012.

BORNIA, Antônio Cezar; FREIRES, Francisco Gaudêncio M.. Uma aplicação do custeio baseado em atividades à gestão dos custos da cadeia de suprimentos In: **VII Congreso del Instituto Internacional de Costos**, Punta Del Este, Uruguai, Novembro de 2003.

BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David J. **Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos**. Tradução Equipe do

centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves. 1ed. São Paulo: Atlas S.A, 2011. 593p.

BLOCH, Heinz P. et al. **Copressors and expanders**: Selection and application for the rocess industry. v.10, edição de John J. McKetta. Publicado por Marcel Dekker, Nova Iorque, 1979. 311p.

BRASIL. Decreto nº7404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez., 2010 a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes**. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1360956094.pdf>. Acesso em: 1 setembro. 2013.

_____. Lei 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Política nacional dos resíduos sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010 b.

_____. Governo federal ministério do meio ambiente. **Plano nacional dos resíduos sólidos**. Brasília, DF, 2011.

BROWN, Kevin. Simplicity for consumers shepherds in electronic recycling success. **Reverse Logistics Magazine**, v. 2, n. 5, ISSN 1934-3698, p.34-38, 2010.

CAMARGO, I, SOUZA, A. E. Gestão dos resíduos sob ótica da logística reversa. In: **ENCONTRO NACIONAL DE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE**, 8, 2005, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ENGEMA, 2005.

COMPRESSED AIR AND GAS INSTITUTE. **Manual de ar comprimido e Gases**. John P. Rollings, editor. Tradução e revisão técnica de Bruno Buck. São Paulo: Pretice Hall, 2004. 881p.

CORRÊA, Henrique Luiz; XAVIER, Lúcia Helena. Concepts, design and implementation of Reverse Logistics Systems for sustainable supply chains in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**. v. 6, n.1, p. 1-25, jan./jun., 2013.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz et al. Diagnóstico da logística reversa na cadeia de suprimentos de alimentos processados no oeste paranaense. In: **XLIII CONGRESSO DA SOBER**, Ribeirão Preto, SP, 2005.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; BATALHA, Mário Otávio. Os Consumidores Valorizam a Coleta de Embalagens Recicláveis? Um Estudo de Caso da Logística Reversa em uma Rede de Hipermercados. **Gestão e produção**. v.13, n.3, p.423-434, set./dez., 2006.

CHARMONDUSIT, Kitikorn; KEARTPAKPRAEK, K. Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. **Journal of Cleaner Production**, p.241–252, 2011.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 104p.

DE HAES, Helias Udo de; et al. **Life- Cycle Impact Assessment: striving towards best practice**. SETAC Press. Pensacola, Florida, EUA, 1997, 250p.

DEMAJOROVIC, Jacques et al. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? **Revista de Administração de Empresas**, vol. 52, n. 2, mar/abr. 2012.

EARLY, Claire et al. Informing Packaging Design Decisions at Toyota Motor Sales Using Life Cycle Assessment and Costing. **Journal of Industrial Ecology**, vol. 13, n. 4, p. 592-606, 2009.

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

JUNGBLUTH, N; FRISCHKNECHT, R. **Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods**. Ecoinvent Report n 3. Cap 2 – Cumulative Energy Demand. p. 33-40, jul., 2009.

GALLO, Mosè; ROMANO, Elpidio; SANTILLO, Liberatina C. A methodological approach to manage weee recovery systems in a push/pull logic. In: **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)**, p. 1035-1047, dec., 2011.

GM&CLOG. Soluções em Gestão empresarial. Disponível em: <<http://www.gmcons.com.br/>>. Acesso em: mar. 2013.

GLUCH, Pernilla; BAUMANN, Henrikke. The life cycle costing (LCC) Approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making. **Building and Environment**. p. 571 – 580, 2004.

GOEDKOOP, Mark et al. ReCiPe 2008: **A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level**. 1st ed., Report I: Characterisation, 2009. 132 p.

GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino. Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens. **Gestão e produção**, Universidade de São Paulo (USP), v.13, n.3, p. 463-474, set./dez., 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas**. Acesso em julho de 2013. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/>.

KAZAZIAN, Thierry. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. Tradução de Eric Roland René Heneault. São Paulo: Senac São Paulo, 2005.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle**. Tradução de Ailton Bomfim Brandão. São Paulo: Atlas S.A, 9 ed., 1998. 725p.

KLÖPPFER, Walter. Life-Cycle Based Methods for Sustainable Product Development. **International Journal of Life Cycle Assessment**, Germany, p. 157-159, 2003.

KUMAR, Sameer; PUTNAM Valora. Cradle to cradle: reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. **International Journal of Production Economics**, p 305– 315, 2008.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas.** 2009, Disponível em: <http://www.sargas.com.br/site/artigos_pdf/artigo_logistica_reversa_leonardo_lacerda.pdf > Acesso em: 22 jan. 2013.

LEITE, Paulo R. Logística Reversa: Nova Área da Logística Empresarial. **Revista Tecnológica.** São Paulo, Editora Publicare. p 1-6, 2002.

_____. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2 Edição, 2006. p. 250.

LUZ, Hederaldo Ricardo Inglês da; REIS, Dálcio Roberto dos. Gestão de custos logísticos Siscustos como ferramenta na medição de custos logísticos em um Batalhão de Suprimento do Exército. **V CONVIBRA – Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, 2008.

MATHEYS, Julien et al. Influence of functional unit on the life cycle assessment of traction batteries. **International Journal of Life Cycle Assessment**, p.191-196, 2007.

NASCIMENTO, João Pereira do. Vantagens e limitações decorrentes da implantação da lei de modernização dos portos. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de transportes), Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, 2005.

NORRIS Gregory A. Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. **International Journal of Life Cycle Assessment.** p.118-120, 2001.

ONGONDO, F.O.; WILLIAMS, I.D.; CHERRETT, T.J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management.** v. 31, p. 714-730, 2011.

PALHARES, Marcos Fruet. O impacto do marketing “verde” nas decisões sobre embalagens das cervejarias que operam no Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Administração), São Paulo: FEA/USP, 2003.

PEREIRA, Andrea Franco. Da sustentabilidade ambiental e da complexidade sistêmica no design industrial de produtos. **Revista Estudos em Design**. Rio de Janeiro: AEND, v. 10, n. 91, p. 37-36, 2003.

PEREIRA, Sibeli Warmling. Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos: aplicação de avaliação do ciclo de vida. 121p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2004.

RAMÍREZ, Paola Karina Sánchez. Análise de Métodos de Alocação Utilizados em Avaliação de Ciclo de Vida. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.138p.

REBITZER, Gerard et al. Life cycle assessment – Part 1: Framework, goal & scope definition, inventory analysis, and applications. **Environ. Int.**, v. 30, p. 701–720, 2004.

REICH, Marcus Carlsson. Economic assessment of municipal waste management systems—case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC). **Journal of Cleaner production**. v.13, p. 253–263, 2005.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. University of Nevada. Reno: CLM, 1998. 283 p.

ROGERS, Dale S. e TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Returns management and reverse logistics for competitive advantage**. Monograph, Vol 3, CSCMP Explores...Council of Supply Chain Professionals, Oak Brook, IL, p. 1-15, 2006.

ROGIC, Kristijan; BAJOR, Ivona; ROZIC, Tomisiav. Consumer as a part of reverse logistic chain. In: **21 DAAAM Symposium**, v. 21, n.1, Viena: B. Katalinic, p. 27-28, 2010.

SAKAI, Paula Kimie; GOMES, Milton Luiz; BASTOS, Carlos Eduardo. Logística Reversa e Produtos Eletrônicos: Um Estudo de Caso no Mercado de Telefonia Celular. **Revista de estudos e Reflexões Tecnológicas da Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba**, [online] 2009, v. 7, ano 7. ISSN 1806-0803. Disponível em: http://www.fatecindaiatuba.edu.br/reverte_online/7aedicao/Artigo8.pdf. Acesso em: 10 maio 2012.

SCHULZ S.A. **Compressor alternativo de pistão**: Treinamento, Manutenção e Serviço. Joinville: Schulz S.A, 2005. 61 p.

SCHULZ S.A. **Fundamentos da Energia Pneumática**: Princípios e Aplicações. Joinville: Schulz S.A, 2009. 54 p.

SENTHIL, Kumaran D. et al. A proposed tool to integrate environmental and economical assessments of products. **Environmental Impact Assessment Review**. v.23 p.51–72, 2003.

SETTANNI, Ettore; NOTARNICOLA, Bruno; TASSIELLI G Giuseppe. Life cycle costing (LCC). In: **Spellerberg I et al. (eds.) Encyclopedia of sustainability**. Measurements, indicators, and research methods for sustainability, v.6. Berkshire Publishing, Great Barrington, MA, p. 225–227, 2011.

SEITZ, Margarete A. A critical assessment of motives for product recovery: the case of engine remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**. p.1147-1157, 2007. 15 p.

SHIBAO, Fábio Ytoshi; MOORI, Roberto Giro; SANTOS, Mario Roberto dos. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. In: **XII SEMEAD - Seminários em Administração**. set., 2010. 17 p.

SILVA, Fabrícia M. S. et al. Gestão de resíduos eletroeletrônicos: proposta para implementação de sistema de logística reversa de refrigeradores no Brasil. In: **3º Simpósio Iberoamericano de**

Ingeniería de Resíduos, 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, 2009.

SOARES, Sebastião Roberto et al. Applications of life cycle assessment and cost analysis in health care waste Management. **Waste Management**. p. 175–183, 2012.

SRIVASTAVA, Samir K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, p. 53–80, 2007.

STOCK, James R. Product Returns/Reverse Logistics in Warehousing: Strategies, Policies and Programs, Oak Brook, IL: **Warehousing Education & Research Council**, 2004.

STOCK, James R. Product returns processing: an examination of practices of Manufacturers, wholesalers/distributors, and retailers. **Journal of Business Logistics**, v. 30, n. 1, 2009.

WANG, Hsiao-Fan; GUPTA, Surendra M. **Green supply chain management: product life cycle approach**. 1.ed. New York:McGraw-Hill Professional; 2011. 320 p.

WOODWARD, David G. Life cycle costing-theory, information acquisition and application. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 6, p. 335-344, 1997.

ZANGHELINI, Guilherme Marcelo. Estudo de cenários para o pós-uso de um compressor de ar baseado na análise do ciclo de vida: Influências da fronteira do sistema nos resultados. 142p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2013.

APÊNDICE 1 - Cenário 1 e Cenário 2

Inventário da quantidade e custo de GLP utilizado nas empilhadeiras

Cenário 1 (kg)			Cenário 2 (kg)		
Compressor carregado	12,53	19,41	Compressor carregado	12,53	19,41
Transporte	-	-	Transporte	-	-
Descarregamento	12,53	19,41	Descarregamento	12,53	19,41
Desmontagem	-	-	Desmontagem	-	-
Fábrica/Ponto 2	28,81	44,64	Fábrica/Ponto 2	28,81	44,64
Ponto 2/Central de descarte	2,51	3,88	Ponto 2/Central de descarte	2,51	3,88
Transporte para recicladora	-	-	Transporte para recicladora	-	-
Transporte de aço para retalhamento	-	-	Transporte de aço para retalhamento	1,25	1,94
Reciclagem	-	-	Reciclagem	-	-
Resíduo para aterro sanitário e industrial	-	-	Resíduo para aterro sanitário e industrial	-	-
Aterramento	-	-	Aterramento	-	-
Total	56,38	87,34	Total	57,63	89,28

Distância total percorrida e preço pago com o recolhimento de 100 kg de compressores rotativos.

	Cidade	Estado	Modelos	Massa real dos comp.	N. Comp. retornados	N. Comp. retornados normalizado	Massa Total dos comp.	Dist. até Joinville	Dist. total	Preço do transporte total (R\$)
1	Caxias do Sul	RS	R1	506,51	2,5	4,64	2349,16	524	2.430	1.681,80
			R2	669,38	1	2,48	1660,41		1.300	1.194,68
			R3	1569,94	0,1	0,40	627,97		210	423,78
	Total					7,52	4637,55		3.940	3.300,27
2	Joinville	SC	R1	506,51	1,3	2,41	1221,56	30	72	345,45
			R2	669,38	1,1	2,73	1826,45		82	538,61
			R3	1569,94	0,1	0,40	627,97		12	164,74
	Total					5,54	3675,99		166	1.048,79
3	Curitiba	PR	R1	506,51	1,6	2,97	1503,46	132	392	543,98
			R2	669,38	0,6	1,49	996,25		196	365,94
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					4,46	2499,71		588	909,92
4	Novo Hamburgo	RS	R1	506,51	1	1,86	939,66	637	1.182	672,72
			R2	669,38	1,1	2,73	1826,45		1.738	1.314,15
			R3	1569,94	0,1	0,40	627,97		255	423,78
	Total					4,98	3394,09		3.175	2.410,66
5	Rio De Janeiro	RJ	R1	506,51	1,8	3,34	1691,40	956	3.192	1.051,32
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		474	215,50
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					3,84	2023,48		3.667	1.266,82
6	Porto	RS	R1	506,51	0,8	1,48	751,73	625	928	370,82

	Alegre		R2	669,38	0,9	2,23	1494,37		1.395	745,39
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					3,72	2246,10		2.323	1.116,21
7	São Paulo	SP	R1	506,51	1	1,86	939,66	526	976	459,48
			R2	669,38	0,6	1,49	996,25		783	536,87
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					3,34	1935,91		1.759	996,35
8	Goiânia	GO	R1	506,51	1,2	2,23	1127,60	1424	3.170	605,40
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		706	188,15
			R3	1569,94	0,1	0,40	627,97		570	325,84
	Total					3,12	2087,65		4.446	1.119,40
9	São Bento Do Sul	SC	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	76	70	145,15
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		57	159,92
			R3	1569,94	0,7	2,80	4395,82		213	1.268,09
	Total					4,47	5363,78		340	1.573,15
10	Guarapuava	PR	R1	506,51	1,1	2,04	1033,63	388	792	714,51
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		96	115,37
			R3	1569,94	0,2	0,80	1255,95		310	816,60
	Total					3,09	2455,62		1.198	1.646,48
11	São Caetano Do Sul	SP	R1	506,51	1,2	2,23	1127,60	530	1.180	583,18
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		263	173,09
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,72	1459,68		1.443	756,27
12	Getulio Vargas	SP	R1	506,51	0,7	1,30	657,77	548	712	470,91
			R2	669,38	0,6	1,49	996,25		816	716,81
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0

	Total					2,79	1654,01		1.527	1.187,72
13	Belo Horizonte	MG	R1	506,51	0,9	1,67	845,70	1109	1.852	484,34
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		825	305,03
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,41	1343,82		2.677	789,37
14	Maringá	PR	R1	506,51	0,6	1,11	563,80	556	619	389,73
			R2	669,38	0,6	1,49	996,25		828	692,24
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,60	1560,04		1.446	1.081,97
15	Ubá	MG	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	1166	1.082	328,27
			R2	669,38	0,7	1,74	1162,29		2.025	858,17
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,66	1632,12		3.106	1.186,44
16	Valinhos	SP	R1	506,51	1	1,86	939,66	583	1.082	485,98
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		289	173,09
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,35	1271,75		1.371	659,07
17	Fortaleza	CE	R1	506,51	0,8	1,48	751,73	3494	5.186	852,48
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		2.600	692,90
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,23	1249,85		7.786	1.545,38
18	Chapecó	SC	R1	506,51	0,7	1,30	657,77	517	671	203,21
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		385	159,92
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					2,04	1155,89		1.056	363,12
19	Pindamonh	SP	R1	506,51	1	1,86	939,66	673	1.249	669,20

	angaba		R2	669,38	0	0,00	0,00		0	0
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,86	939,66		1.249	669,20
20	Arapongas	PR	R1	506,51	0,3	0,56	281,90	508	283	194,87
			R2	669,38	0,4	0,99	664,16		504	461,50
			R3	1569,94	0,2	0,80	1255,95		406	816,60
	Total			2,35	2202,01	1.193	1.472,96			
21	Betim	MG	R1	506,51	0,8	1,48	751,73	1080	1.603	525,24
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		268	122,60
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
				1,73	917,77	1.871	647,83			
22	Contagem	MG	R1	506,51	0,1	0,19	93,97	1100	204	65,65
			R2	669,38	0,8	1,98	1328,33		2.183	980,76
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total			2,17	1422,29	2.387	1.046,42			
23	Manaus	AM	R1	506,51	0,2	0,37	187,93	4202	1.559	248,48
			R2	669,38	0,7	1,74	1162,29		7.296	1.530,37
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total			2,11	1350,22	8.855	1.778,86			
24	Pato Branco	PR	R1	506,51	0,8	1,48	751,73	498	739	519,64
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		124	115,37
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total			1,73	917,77	863	635,01			
25	Brasília	DF	R1	506,51	0,2	0,37	187,93	1503	558	102,39
			R2	669,38	0,6	1,49	996,25		2.237	571,81
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0

	Total					1,86	1184,18		2.795	674,20
26	Nova Iguaçu	RJ	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	922	855	329,41
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		686	362,88
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,67	967,96		1.541	692,28
27	Ribeirão Preto	SP	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	814	755	242,99
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		606	259,63
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,67	967,96		1.361	502,62
28	Rio Verde	GO	R1	506,51	0,2	0,37	187,93	1290	479	125,88
			R2	669,38	0,4	0,99	664,16		1.280	464,23
			R3	1569,94	0,2	0,80	1255,95		1.032	816,73
	Total					2,16	2108,05		2.791	1.406,83
29	Santo André	SP	R1	506,51	0,4	0,74	375,87	539	400	194,39
			R2	669,38	0,4	0,99	664,16		535	346,18
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,73	1040,03		935	540,57
30	Cascavel	PR	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	627	582	145,15
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		156	53,31
			R3	1569,94	0,1	0,40	627,97		251	181,16
	Total					1,58	1263,85		988	379,61
31	Londrina	PR	R1	506,51	0,6	1,11	563,80	517	575	389,73
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		128	115,37
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,36	729,84		704	505,10
32	Recife	PE	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	3178	2.948	478,98

			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		1.577	346,78
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total					1,42	801,91		4.524	825,76
33	São José do Rio Preto	SP	R1	506,51	0,3	0,56	281,90	830	462	145,79
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		412	173,09
			R3	1569,94	0,2	0,80	1255,95		664	616,09
			Total			1,85	1869,93		1.538	934,98
34	Várzea Grande	MT	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	1862	1.727	357,69
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		924	262,49
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
			Total			1,42	801,91		2.651	620,18
35	Brusque	SC	R1	506,51	0,3	0,56	281,90	115	64	87,09
			R2	669,38	0,3	0,74	498,12		86	159,92
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
			Total			1,30	780,02		150	247,01
36	Diadema	SP	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	530	492	242,99
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		131	86,54
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
			Total			1,18	635,87		623	329,54
37	Franca	SP	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	895	830	242,99
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		222	86,54
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
			Total			1,18	635,87		1.052	329,54
38	Serra	ES	R1	506,51	0,5	0,93	469,83	1111	1.031	302,71
			R2	669,38	0,1	0,25	166,04		276	111,52
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0

	Total					1,18	635,87		1.306	414,23
39	Teresina	PÍ	R1	506,51	0,2	0,37	187,93	3134	1.163	191,59
			R2	669,38	0,4	0,99	664,16		3.110	693,56
			R3	1569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total			1,36	852,10	4.272	885,15			
40	Uberlândia	MG	R1	506,51	0,4	0,74	375,87	1084	804	262,62
			R2	669,38	0,2	0,50	332,08		538	245,19
			R3	1.569,94	0	0,00	0,00		0	0
	Total			1,24	707,95	1.342	507,81			
	Total			105.431,28	46,40	100,00	65.380,07		87.003,29	39.003,09

Custos anuais de manutenção da linha de desmontagem.

	Custos anuais (R\$)
Depreciação do patrimônio (165 m ²)	900
Talha elétrica	4.000
Balancim	
Transformador	
Prensa mecânica	
Parafusadeira	
Total	4.900

Inventário da quantidade de materiais recicláveis e preço pago pelos recicladores

Material	Modelos	Qtd de compressores (unidade)	Qtd (kg)	Distância (km)	Valor pago
Aço (cen 1)	R1	53,80	17330,34	106,00	3812,68
	R2	38,20	15528,89		3416,36
	R3	8,00	5008,29		1101,82
Total			37867,52		8330,85
Aço (cen 2)	R1	53,80	11690,74	72,00	8183,52
	R2	38,20	8732,52		6112,76
	R3	8,00	4525,52		3167,86
Total			24948,78		17464,15
Ferro (cen 1)	R1	53,80	1799,99	106,00	396,00
	R2	38,20	2042,09		449,26
	R3	8,00	4886,57		1075,05
Total			8728,64		1920,30
Ferro (cen 2)	R1	53,80	1799,99	5,40	1259,99
	R2	38,20	2042,09		1429,46
	R3	8,00	4886,57		3420,60
Total			8728,64		6110,05
Alumínio	R1	53,80	668,39	106,00	1470,46
	R2	38,20	1196,95		2633,29
	R3	8,00	39,60		87,12
Total			1904,94		4190,87
Cobre	R1	53,80	97,03	515,00	444,01
	R2	38,20	23,61		108,04
	R3	8,00	172,51		789,41
Total			293,15		1341,45
Latão	R1	53,80	168,34	36,00	1388,81
	R2	38,20	38,61		318,53
	R3	8,00	5,42		44,72
Total			212,36		1751,97

Plástico	R1	53,80	3833,13	332,00	383,31
	R2	38,20	3460,97		346,10
	R3	8,00	1169,08		116,91
Total			8463,18		846,32
Vidro	R1	53,80	0,00	2108,00	0,00
	R2	38,20	2,55		0,00
	R3	8,00	2,45		0,00
Total			5,01		0,00
Elementos eletrônicos	R1	53,80	1867,48	9,70	76463,97
	R2	38,20	1299,24		72479,96
	R3	8,00	396,89		45979,30
Total			3563,62		200291,70
Total cen 1					218673,50
Total cen 2					231996,50

APÊNDICE 2 Cenário 3a e Cenário 3b

Inventário da quantidade e custo de GLP utilizado nas empilhadeiras

Cenário 3a (kg)			Cenário 3b (kg)		
Carregamento	12,52	19,41	Carregamento	12,53	19,41
Transporte	-	-	Transporte	-	-
Descarregamento	12,52	19,41	Descarregamento	12,53	19,41
Remanufatura	-	-	Remanufatura	-	-
Transporte de entrega de peças	2,50	3,88	Transporte de entrega de peças	4,18	6,47
Transporte para recicladora	0,50	0,78	Transporte para recicladora	0,84	1,29
Reciclagem	-	-	Reciclagem	-	-
Transp. para aterro san.e ind.	-	-	Transp. para aterro san.e ind.	-	-
Aterramento	-	-	Aterramento	-	-
Total	28,06	43,48	Total	30,06	46,58

Inventário da distância total percorrida com o recolhimento de 100 de compressores rotativos.

Região	Cidade de Coleta	Cidades	Massa (kg)	N. comp. retornados	N. comp. normalizado	Massa retorno (kg)	Dist. média de ida e volta do Cliente Final até o ass. tec. (km)	Distância total (km)	Preço pago pelo assistente (R\$)
Sul	Caxias do Sul	Novo Hamburgo	506,51	1	1,86	939,66	180	343,24	263,61
			669,38	1,1	2,73	1826,45		505,29	388,06
			1569,9	0,1	0,40	627,97		73,80	56,68
			Total	2,2	4,98	3.394,09		922,33	708,35
		Porto alegre	506,51	0,8	1,48	751,73	258,0	393,58	302,27
			669,38	0,9	2,23	1.494,37		592,56	455,09
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	1,7	3,72	2.246,10		986,15	757,36
		Chapecó	506,51	0,7	1,30	657,77	798,00	1.065,19	818,07
			669,38	0,3	0,74	498,12		610,94	469,20
			1569,9	0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	1	2,04	1.155,89		1.676,13	1.287,27
	Caxias do Sul	506,51	2,5	4,64	2.349,16	60,00	286,03	219,67	
		669,38	1,0	2,48	1.660,41		153,12	117,59	
		1569,9	0,1	0,40	627,97		24,60	18,89	
		Total	3,6	7,52	4.637,55		463,75	356,16	
	Curitiba	Joinville	506,51	1,3	2,41	1.221,56	250,00	619,74	475,96
			669,38	1,1	2,73	1.826,45		701,79	538,97
			1569,9	0,1	0,40	627,97		102,50	78,72
			Total	2,5	5,54	3.675,99		1.424,03	1.093,65
Curitiba		506,51	1,6	2,97	1.503,46	60,00	183,06	140,59	

		669,38	0,6	1,49	996,25		91,87	70,56
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	2,2	4,46	2499,71		274,93	211,15
São Bento do Sul		506,51	0,5	0,93	469,83	210,00	200,22	153,77
		669,38	0,3	0,74	498,12		160,77	123,47
		1569,9	0,7	2,80	4.395,82		602,70	462,87
		Total	1,5	4,47	5.363,78		963,70	740,12
Guarapuava		506,51	1,1	2,04	1.033,63	548,00	1.149,48	882,80
		669,38	0,1	0,25	166,04		139,85	107,40
		1569,9	0,2	0,80	1.255,95		449,36	345,11
		Total	1,4	3,09	2.455,62		1.738,68	1.335,31
Maringá		506,51	0,6	1,11	563,80	886,00	1.013,71	778,53
		669,38	0,6	1,49	996,25		1356,62	1041,88
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	1,2	2,60	1.560,04		2.370,32	1.820,41
Arapongas		506,51	0,3	0,56	281,90	790,00	451,93	347,08
		669,38	0,4	0,99	664,16		806,42	619,33
		1569,9	0,2	0,80	1.255,95		647,80	497,51
		Total	0,9	2,35	2.202,01		1.906,15	1463,92
Pato Branco		506,51	0,8	1,48	751,73	910,00	1.388,22	1.066,15
		669,38	0,1	0,25	166,04		232,23	178,35
		1569,9	0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	0,9	1,73	917,77		1.620,45	1.244,50
Cascavel		506,51	0,5	0,93	469,83	1028,00	980,14	752,75
		669,38	0,1	0,25	166,04		262,34	201,48
		1569,9	0,1	0,40	627,97		421,48	323,70
		Total	0,7	1,58	1.263,85		1.663,97	1.277,92
Londrina		506,51	0,6	1,11	563,80	808,00	924,46	709,99

Sudeste			669,38	0,1	0,25	166,04		206,20	158,36	
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00	
		Total	0,7	1,36	729,84	1130,66		868,35		
		Brusque	506,51	0,3	0,56	281,90		470,00	268,87	206,49
			669,38	0,3	0,74	498,12			359,82	276,34
			1569,9	0,0	0,00	0,00			0,00	0,00
	Total	0,6	1,30	780,02	628,70	482,84				
	Rio de Janeiro	Belo Horizonte	506,51	0,9	1,67	845,70	900,00	1.544,59	1.186,24	
			669,38	0,3	0,74	498,12		689,03	529,17	
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00	
			Total	1,2	2,41	1.343,82		2.233,61	1.715,41	
		Rio de Janeiro	de	506,51	1,8	3,34	1.691,40	60,00	205,94	158,16
				669,38	0,2	0,50	332,08		30,62	23,52
				1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
Total				2,0	3,84	2.023,48	236,57		181,68	
Ubá			506,51	0,5	0,93	469,83	604,00	575,88	442,28	
			669,38	0,7	1,74	1.162,29		1.078,96	828,64	
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00	
			Total	1,2	2,66	1.632,12		1.654,85	1.270,92	
Betim			506,51	0,8	1,48	751,73	940,00	1433,99	1101,30	
	669,38		0,1	0,25	166,04	239,88		184,23		
	1569,9		0,0	0,00	0,00	0,00		0,00		
	Total		0,9	1,73	917,77	1673,87		1285,53		
Contagem		506,51	0,1	0,19	93,97	906,00	172,76	132,68		
		669,38	0,8	1,98	1.328,33		1849,65	1420,53		
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00		
		Total	0,9	2,17	1.422,29		2.022,42	1.553,22		

	Nova Iguaçu	506,51	0,5	0,93	469,83	94,00	89,62	68,83
		669,38	0,3	0,74	498,12		71,96	55,27
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	0,8	1,67	967,96		161,59	124,10
	Serra	506,51	0,5	0,93	469,83	896,00	854,29	656,09
		669,38	0,1	0,25	166,04		228,65	175,61
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	0,6	1,18	635,87		1.082,94	831,70
	Uberlândia	506,51	0,4	0,74	375,87	1990,00	1.517,89	1.165,74
		669,38	0,2	0,50	332,08		1015,68	780,04
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	0,6	1,24	707,95		2.533,56	1.945,78
São Paulo	São Paulo	506,51	1,0	1,86	939,66	172,00	327,99	251,89
		669,38	0,6	1,49	996,25		263,36	202,26
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	1,6	3,34	1935,91		591,35	454,15
	São Caetano do Sul	506,51	1,2	2,23	1.127,60	188,00	430,20	330,39
		669,38	0,2	0,50	332,08		95,95	73,69
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	1,4	2,72	1.459,68		526,15	404,08
	Getulio Vargas	506,51	0,7	1,30	657,77	216,00	288,32	221,43
		669,38	0,6	1,49	996,25		330,73	254,00
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	1,3	2,79	1.654,01		619,06	475,43
	Valinhos	506,51	1,0	1,86	939,66	60,00	114,41	87,87
		669,38	0,2	0,50	332,08		30,62	23,52
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
		Total	1,2	2,35	1.271,75		145,04	111,39

Centr o-	Goia nia	Pindamonha ngaba	506,51	1,0	1,86	939,66	428,00	816,15	626,80
			669,38	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	1,0	1,86	939,66		816,15	626,80
		Ribeirão preto	506,51	0,5	0,93	469,83	476,00	453,84	348,55
			669,38	0,3	0,74	498,12		364,42	279,87
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	0,8	1,67	967,96		818,26	628,42
		Santo André	506,51	0,4	0,74	375,87	204,00	155,60	119,50
			669,38	0,4	0,99	664,16		208,24	159,93
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	0,8	1,73	1.040,03		363,84	279,43
		São José do Rio Preto	506,51	0,3	0,56	281,90	726,00	415,32	318,97
			669,38	0,2	0,50	332,08		370,54	284,58
			1569,9	0,2	0,80	1.255,95		595,32	457,20
			Total	0,7	1,85	1.869,93		1.381,18	1.060,75
		Diadema	506,51	0,5	0,93	469,83	204,00	194,50	149,38
			669,38	0,1	0,25	166,04		52,06	39,98
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	0,6	1,18	635,87		246,56	189,36
		Franca	506,51	0,5	0,93	469,83	638,00	608,30	467,17
			669,38	0,1	0,25	166,04		162,81	125,04
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00
			Total	0,6	1,18	635,87		771,11	592,21
Brasilia	506,51	0,2	0,37	187,93	414,00	157,89	121,26		
	669,38	0,6	1,49	996,25		633,90	486,84		
	1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0,00		

Norte	Nordeste	Rio Verde	Total	0,8	1,86	1.184,18	454,00	791,79	608,10
			506,51	0,2	0,37	187,93		173,15	132,98
			669,38	0,4	0,99	664,16		463,43	355,92
			1569,9	0,2	0,80	1.255,95		372,28	285,91
		Total	0,8	2,16	2.108,05	1.008,86	774,80		
		Goiânia	506,51	1,2	2,23	1.127,60	60,00	137,30	105,44
			669,38	0,2	0,50	332,08		30,62	23,52
			1569,9	0,1	0,40	627,97		24,60	18,89
			Total	1,5	3,12	2087,65		192,52	147,85
		Várzea Grande	506,51	0,5	0,93	469,83	1784,00	1.700,95	1.306,33
			669,38	0,2	0,50	332,08		910,54	699,29
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0
	Total		0,7	1,42	801,91	2.611,49		2.005,62	
	Fortaleza	Recife	506,51	0,5	0,93	469,83	1588,00	1.514,08	1.162,81
			669,38	0,2	0,50	332,08		810,50	622,46
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0
Total			0,7	1,42	801,91	2.324,57		1.785,27	
Fortaleza		506,51	0,8	1,48	751,73	60,00	91,53	70,29	
		669,38	0,3	0,74	498,12		45,94	35,28	
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0	
		Total	1,1	2,23	1.249,85		137,47	105,57	
Teresina		506,51	0,2	0,37	187,93	1174,00	447,74	343,86	
		669,38	0,4	0,99	664,16		1198,39	920,37	
		1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0	
		Total	0,6	1,36	852,10		1.646,13	1.264,23	
Norte	Manaus	Manaus	506,51	0,2	0,37	187,93	60,00	22,88	17,57
			669,38	0,7	1,74	1162,29		107,18	82,31
			1569,9	0,0	0,00	0,00		0,00	0

			Total	0,9	2,11	1.350,22		130,06	99,89
To				46,4	100,00	65.380,0	22.552,00	49856,15	34169,05

Inventário dos componentes de compressores remanufaturados

R1	R2	R3
Anel o-ring 2-015	Filtro de óleo	Filtro duplo veicular
Anel o-ring 2-031	Elemento separador	Elemento separador
Anel o-ring 2-114	Filtro duplo veicular	Filtro de óleo
Anel o-ring 2-116	Filtral (650 x 385 x	Filtral (725 x 645 x 9
Anel o-ring 2-119	Filtral (190 x 260 x	Filtral (320 x 380 x
Elemento filtro de ar e carcaca	Válvula de segurança	Filtral para motor
Elemento separador	Anel o-ring 2-119	Válvula de segurança
Filtro de óleo	Anel o-ring 2-235	Anel o-ring 2-119 n
Junta válvula de admissão	Junta do elemento	Anel o-ring 2-114
Kit conexões	Anel o-ring 2-114	Anel o-ring 2-231
Kit polia	Anel o-ring 2-015	Anel o-ring 2-019
Mangueira 1/4*x700mm	Anel o-ring 2-153	Anel o-ring 2-218
Mangueira 485mm	Anel o-ring 2-131	Junta do elemento
Mang entrada/saída	Tubo flexível	Tubo flexível
Mangueira 560mm	Mangueira 1015mm	Mangueira D=4''
Mangueira terminal reto 345mm	Mangueira D=3''	Mangueira 700mm
Mangueira 700 mm	Mangueira ¼''	Mangueira 700mm x
Mangueira 1015mm	Mangueira 560mm	Mangueira 1650mm
Polia	Mangueira 700 mm	Tubo flexível
Reservatório ar/óleo	Mangueira de	Tubo flexível
Reservatório de ar horizontal	Mangueira 1015	Mangueira 1380mm
Tubo flexível	Mangueira 1650mm	Mangueira de
Valvula de segurança 1/2	Mangueira 1-16	Tubo flexível
Valvula de segurança 1/4	Óleo lubrificante	Óleo lubrificante
Óleo lubrificante	Reservatório ar/óleo	Reservatório ar/óleo
-	Reservatório	Tampo plano
-	Tampo plano	Kit conexões
-	Kit conexões	-

Inventário do preço dos itens necessários para a remanufatura do compressor R1.

Descrição R1	Massa dos itens (kg)	Preço dos itens (R\$)
Anel o-ring 2-015	0,05	385,51
Anel o-ring 2-031	0,02	562,58
Anel o-ring 2-114	0,05	626,45
Anel o-ring 2-116	0,03	771,87
Anel o-ring 2-119	2,69	205,30
Elemento filtro de ar e carcaça	54,66	6.231,17
Elemento separador	57,30	6.817,29
Filtro de óleo	27,44	1.102,04
Junta válvula de admissão	0,27	261,47
Kit conexões	137,19	9.056,15
Kit polia	79,62	5.510,20
Mangueira 1/4''x700mm	199,06	3.813,86
Mangueira 485mm	40,62	5.610,53
Mangueira entrada/saída do trocador de calor 1/2''	23,83	2.714,29
Mangueira 560mm	37,66	3.154,00
Mangueira terminal reto 345mm	11,84	5.810,40
Mangueira 700 mm	35,19	4.953,66
Mangueira 1015mm	44,12	4.953,07
Polia	180,77	3.675,08
Reservatório ar/óleo	441,16	35.579,61
Reservatório de ar horizontal	7375,98	117.977,99
Tubo flexível	3,95	1.576,07
Valvula de segurança 1/2	5,38	2.009,43
Valvula de segurança 1/4	5,38	846,38
Óleo lubrificante	279,76	8.763,39
Total	9044,02	232.967,81

Inventário do preço dos itens necessários para a remanufatura do compressor R2.

Descrição R2	Massa dos itens (kg)	Preço dos itens (R\$)
Filtro de óleo	33,88	994,44
Elemento separador ar/óleo	57,30	12.968,14
Filtro duplo veicular	133,70	15.189,56
Filtral (650 x 385 x 12 mm)	9,93	5.420,58
Filtral (190 x 260 x 12 mm)	7,64	900,76
Válvula de segurança 1/2	7,64	2.853,54
Anel o-ring 2-119	1,91	145,77
Anel o-ring 2-235	0,46	308,35
Junta do elemento separador	1,53	1.652,48
Anel o-ring 2-114	0,04	444,80
Anel o-ring 2-015	0,04	273,73
Anel o-ring 2-153	0,04	490,16
Anel o-ring 2-131	0,38	826,24
Tubo flexível	5,62	1.119,07
Mangueira 1015mm	31,32	3.516,86
Mangueira D=3''	0,27	1.256,59
Mangueira ¼'' x700mm	141,34	2.707,98
Mangueira 560mm	22,16	3.180,28
Mangueira 700 mm	24,98	3.517,28
Mangueira de descarga	64,94	10.871,15
Mangueira 1015	34,34	4.747,00
Mangueira 1650mm	0,08	9.464,58
Mangueira 1-16 700mm	49,89	4.775,00
Óleo lubrificante sintético	504,24	15.809,21
Reservatório ar/óleo	878,60	55.619,77
Reservatório horizontal	5103,52	62.200,30
Tampo plano	0,22	2.515,24
Kit conexões	13,71	7.471,92
Total	7129,72	231.240,78

Inventário do preço dos itens necessários para a remanufatura do compressor R3.

Descrição R3	Massa dos itens (kg)	Preço (R\$)
Filtro duplo veicular	28,00	4.874,60
Elemento separador ar/óleo	66,64	51.784,06
Filtro de óleo	17,60	1.577,83
Filtral (725 x 645 x 9 mm)	2,08	254,74
Filtral (320 x 380 x 12 mm)	2,08	69,28
Filtral para motor (650 x 500 x 12 mm)	2,08	200,00
Válvula de segurança	2,61	714,67
Anel o-ring 2-119 n	0,40	30,53
Anel o-ring 2-114	0,02	279,46
Anel o-ring 2-231	0,01	131,54
Anel o-ring 2-019	0,03	283,23
Anel o-ring 2-218	0,02	78,19
Junta do elemento separador	1,28	1.041,68
Tubo flexível 6,35mm	0,92	1.288,98
Mangueira D=4''	7,20	250,02
Mangueira 700mm	12,00	1.792,65
Mangueira 700mm x 1''	12,82	1.567,41
Mangueira 1650mm	0,02	1.982,11
Tubo flexível 10,0mm	0,17	140,00
Tubo flexível 900mm	11,71	2.138,64
Mangueira 1380mm	0,02	1.705,92
Mangueira de descarga 1040mm	38,48	6.491,32
Tubo flexível 1150mm	0,01	2.400,00
Óleo lubrificante sintético	192,00	5.997,48
Reservatório ar/óleo	1000,00	20.147,25
Tampo plano d=406.7 p/ srp 3100	236,80	5.968,68
Kit conexões	1,68	996,80
Total	1636,68	114.187,07

Inventário da distância, quantidade e preço da destinação para aterro sanitário

Região	Cidade	Estado	Quantida	Massa	Dist. do	Dist. do	Preço
			de comp.				
			(un.)		San. e	e Ind.(km)	(R\$)
					Ind.(km)	Total (km)	
Sul	Caxias do sul	RS	9,28	57,52	42,00	389,76	210,00
			8,18	71,99		343,56	
			0,84	0,85		35,28	
	Curitiba	PR		87,39	26,00	768,60	210,00
			14,10	80,79		366,60	
			9,18	5,24		238,68	
Sudeste	Rio de Janeiro	RJ	5,20	57,52	44,40	135,20	210,00
				58,97		740,48	
			9,28	0,00		412,03	
	São Paulo	SP	6,70	81,81	37,90	297,48	210,00
			0,00	59,06		0,00	
				0,81		709,51	
Centro-Oeste	Goiânia	GO	13,20	23,74	7,40	500,28	210,00
			6,71	30,80		254,31	
			0,80	1,21		30,32	
Nordeste	Fortaleza	CE		23,43	25,90	784,91	210,00
			3,83	19,63		28,34	
			3,50	0,00		25,90	
Norte	Manaus	AM	1,20	2,29	24,90	8,88	210,00
				15,31		63,12	
			3,78	0,00		97,90	
Total			100,00	678,35	140,50	3.274,82	1.470,00

Inventário da massa dos componentes enviados para aterro industrial e seu respectivo preço

Região	Cidade	Estado	Quantidade de compressores	Massa total aterrada	Preço (R\$)
Sul	Caxias do sul	RS	9,54	88,69	50,48
			8,43	92,08	52,41
			0,82	13,28	7,56
	Curitiba	PR	14,49	134,76	76,70
			9,47	103,34	58,82
Sudeste	Rio de Janeiro	RJ	5,33	82,19	46,78
			10,48	88,69	50,48
			6,91	75,42	42,93
	São Paulo	SP	0,00	0,00	0,00
			13,53	126,16	71,81
Centro-Oeste	Goiânia	GO	6,90	75,53	42,99
			0,82	12,65	7,20
			4,00	36,61	20,83
Nordeste	Fortaleza	CE	3,57	39,40	22,42
			1,23	18,97	10,80
			2,86	36,13	20,56
Norte	Manaus	AM	2,30	25,10	14,29
			0,00	0,00	0,00
			0,38	3,54	2,01
Total			1,79	19,59	11,15
			0,00	0,00	0,00
			100,00	1.072,12	610,22

Inventário dos componentes recicláveis, distância e preço.

Região	Cidade	Modelos	Comp. (un.)	Dist. metais ferrosos (km)	Qtd. metais ferrosos (kg)	Preço de metais ferrosos (R\$)	Dist. metais não ferrosos (km)	Qtd. metais não ferrosos (kg)	Preço metais não ferrosos (R\$)	Dist. plástico (km)	Qtd. plástico (kg)	Preço do Plástico (r\$)	Dist. vidro (km)	Qtd. vidro (kg)
Sul	Caxias do Sul	R1	9,28	107	1210,96	266,41	1000	38,07	178,21	7,90	218,30	21,83	1127,00	0,00
		R2	8,18		1130,40	248,69		71,47	334,58		206,64	20,66		0,15
		R3	0,84		142,13	31,27		0,54	2,51		15,87	1,59		0,03
	Curitiba	R1	14,1	21,5	1839,93	459,98	441	57,84	270,77	27,00	331,69	33,17	446,10	0,00
		R2	9,18		1268,59	317,15		80,20	375,48		231,91	23,19		0,17
		R3	5,20		879,88	219,97		3,33	15,58		98,25	9,83		0,21
Sul Total			46,78	128,5	6471,91	1543,47	1441	251,44	1177,13	34,90	1102,66	110,27	1573,	0,56
Sudeste	Rio de Janeiro	R1	9,28	49,7	1210,96	302,74	447	38,07	178,21	28,00	218,30	21,83	8,80	0,00
		R2	6,70		925,88	231,47		58,54	274,04		169,26	16,93		0,12
		R3	0		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00
	São Paulo	R1	13,2	79	1722,49	430,62	103	54,15	288,05	92,70	310,51	31,05	132,00	0,00
		R2	6,71		927,26	231,82		58,62	311,88		169,51	16,95		0,13
		R3	0,8		135,37	33,84		0,51	2,72		15,12	1,51		0,03
Sudeste Total			36,69	128,7	4921,96	1230,49	550	209,88	1054,90	120,70	882,70	88,27	140,8	0,28
Centro-Oeste	Goiânia	R1	3,83	938	499,78	109,95	949	15,71	73,55	9,80	90,10	9,01	947,00	0,00
		R2	3,50		483,67	106,41		30,58	143,16		88,42	8,84		0,07
		R3	1,20		203,05	44,67		0,77	3,60		22,67	2,27		0,05
Centro-Oeste			8,53		1186,50	261,03		47,06	220,30		201,19	20,12		0,11
Nordeste	Fortaleza	R1	3,78	29,6	493,26	123,31	2974	15,51	72,59	5,20	88,92	8,89	12,50	0,00
		R2	2,23		308,17	77,04		19,48	91,21		56,33	5,63		0,04
		R3	0		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00
Nordeste Total			6,01		801,42	200,36		34,99	163,80		145,25	14,53		0,04
Norte	Manaus	R1	0,37	4060	48,28	10,62	3875	1,52	7,11	7,60	8,70	0,87	3,00	0,00
		R2	1,74		240,45	52,90		15,20	71,17		43,96	4,40		0,03
		R3	0		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00
Norte Total			2,11		288,73	63,52		16,72	78,27		52,66	5,27		0,03
Total			100		18290,88199	4379,45		766,76	3661,97		3212,84	321,28		1,34

Inventário da distância para a entrega de lotes de peças para remanufatura – Cenário 3a

Região	Cidade	Modelos	N. de compressores	Distância (1 compressor) km	Distância total (km)	Massa total das peças	Compra local
Sul	Caxias do Sul	R1	9,28	524,00	4.863,00	1.395,16	6.789.250,40
		R2	8,18	524,00	4.286,00	1.282,67	5.505.262,07
		R3	0,84	524,00	440,00	130,14	58.532,89
					9.589,00	2.808,00	12.353.045,36
	Curitiba	R1	14,10	132,00	1.861,00	2.119,79	3.952.959,56
		R2	9,18	132,00	1.212,00	1.439,48	1.752.517,84
R3		5,20	132,00	686,00	805,62	560.721,16	
Sul Total			46,78		3.759,00	4.365,00	6.266.198,55
Sudeste	Rio de Janeiro	R1	9,28	956,00	8.872,00	1.395,16	12.382.371,79
		R2	6,70	956,00	6.405,00	1.050,60	6.735.292,89
		R3	0,00	956,00	0,00	0,00	0,00
					15.277,00	2.446,00	19.117.664,68
	São Paulo	R1	13,20	526,00	6.943,00	1.984,49	13.785.811,00
		R2	6,71	526,00	3.529,00	1.052,17	3.719.587,08
R3		0,80	526,00	421,00	123,94	53.346,12	
Sudeste Total			36,69		10.893,00	3.161,00	17.558.744,20
Centro-Oeste	Goiânia	R1	3,83	1.424,00	5.454,00	575,80	3.142.443,25
		R2	3,50	1.424,00	4.984,00	548,82	2.738.453,18
		R3	1,20	1.424,00	1.709,00	185,91	319.472,80
Centro-Oeste total			8,53		12.147,00	1.311,00	6.200.369,23
Nordeste	Fortaleza	R1	3,78	3.494,00	13.207,00	568,29	7.507.561,66
		R2	2,23	3.494,00	7.792,00	349,68	2.726.545,83

		R3	0,00	3.494,00	0,00	0,00	0,00
Nordeste Total			6,01		20.999,00	918,00	10.234.107,49
Norte	Manaus	R1	0,37	4.202,00	1.555,00	55,63	86.683,06
		R2	1,74	4.202,00	7.311,00	272,84	1.996.436,95
		R3	0,00	4.202,00	0,00	0,00	0,00
Norte Total			2,11		8.866,00	328,00	2.083.120,01
Total			100,12		81.530,78	15.336,16	73.813.249,51

Inventário da distância para a entrega de lotes de peças para remanufatura – Cenário 3b

Região	Cidade	Modelos	N. de compressores	Distância (1 compressor) km	Distância total km	Massa total das peças	Compra local
Sul	Caxias do Sul	R1	9,28	524,00	4.863,00	1.462,82	7.116.279,40
		R2	8,18	524,00	4.286,00	1.347,85	5.782.688,48
		R3	0,84	524,00	440,00	137,54	61.570,34
					9.589,00	2.948,00	12.960.538,22
	Curitiba	R1	14,10	132,00	1.861,00	2.222,61	4.141.238,41
		R2	9,18	132,00	1.212,00	1.512,63	1.838.961,31
R3		5,20	132,00	686,00	851,46	590.812,97	
Sul Total			46,78		3.759,00	4.587,00	6.571.012,69
Sudeste	Rio de Janeiro	R1	9,28	956,00	8.872,00	1.462,82	12.980.686,15
		R2	6,70	956,00	6.405,00	1.103,99	7.075.645,31
		R3	0,00	956,00	0,00	0,00	0,00
					15.277,00	2.567,00	20.056.331,47
	São Paulo	R1	13,20	526,00	6.943,00	2.080,74	14.451.236,92
R2		6,71	526,00	3.529,00	1.105,63	3.906.691,38	

		R3	0,80	526,00	421,00	130,99	56.102,38
Sudeste Total			36,69		10.893,00	3.317,00	18.414.030,69
Centro-Oeste	Goiânia	R1	3,83	1.424,00	5.454,00	603,73	3.293.924,44
		R2	3,50	1.424,00	4.984,00	576,71	2.876.613,80
		R3	1,20	1.424,00	1.709,00	196,49	337.233,36
Centro-Oeste total			8,53		12.147,00	1.377,00	6.507.771,60
Nordeste	Fortaleza	R1	3,78	3.494,00	13.207,00	595,85	7.870.778,14
		R2	2,23	3.494,00	7.792,00	367,45	2.864.462,73
		R3	0,00	3.494,00	0,00	0,00	0,00
Nordeste Total			6,01		20.999,00	963,00	10.735.240,87
Norte	Manaus	R1	0,37	4.202,00	1.555,00	58,32	90.796,87
		R2	1,74	4.202,00	7.311,00	286,71	2.097.392,25
		R3	0,00	4.202,00	0,00	0,00	0,00
Norte Total			2,11		8.866,00	345,00	2.188.189,12
Total			100,12		81.531,00	16.104,35	77.433.114,65

Inventário do preço do transporte das peças de reposição pago pela empresa. Cenário 3a

	Preço transp. R1	Preço transp. R2	Preço transp R3
Caxias do Sul	R\$7.034,80	R\$5.220,43	R\$1.113,69
Curitiba	R\$3.884,41	R\$2.866,59	R\$628,31
Rio de Janeiro	R\$5.612,24	R\$4.289,29	R\$891,03
São Paulo	R\$4.481,09	R\$3.463,61	R\$733,00
Goiás	R\$4.865,74	R\$3.690,43	R\$787,43
Ceará	R\$9.961,95	R\$7.402,32	R\$1.595,31
Amazonas	R\$11.722,98	R\$7.402,32	R\$1.856,55
Total	R\$47.563,21	R\$34.334,99	R\$7.605,31

Inventário do preço do transporte das peças de reposição pago pela empresa. Cenário 3b

	Preço transp. R1	Preço transp. R2	Preço transp R3
Caxias do Sul	R\$7.034,80	R\$5.220,43	R\$1.113,69
Curitiba	R\$3.884,41	R\$2.866,59	R\$628,31
Rio de Janeiro	R\$5.612,24	R\$4.289,29	R\$891,03
São Paulo	R\$4.417,22	R\$3.363,52	R\$701,59
Goiás	R\$4.865,74	R\$3.690,43	R\$787,43
Ceará	R\$9.961,95	R\$7.402,32	R\$1.595,31
Amazonas	R\$11.722,98	R\$7.402,32	R\$1.856,55
Total	R\$47.499,34	R\$34.234,91	R\$7.573,91