CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
MARCELO PEREIRA ARMELIN

ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE CIRCUITO FECHADO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

São Bernardo do Campo
2020

MARCELO PEREIRA ARMELIN

ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE CIRCUITO FECHADO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

Dissertação apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Orientado pelo Professor Dr. Wilson de Castro Hilsdorf.

São Bernardo do Campo

2020

Armelin, Marcelo Pereira.
ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE CIRCUITO FECHADO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO / Marcelo Pereira Armelin. São Bernardo do Campo, 2020.
142 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. Wilson de Castro Hilsdorf.

1. Triple Bottom Line. 2. Closed-Loop Supply Chain. 3. Baterias de chumbo-ácido. 4. Cadeia automotiva. I. Hilsdorf, Wilson de Castro, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: Marcelo Pereira Armelin **Matrícula:** 217314-4

Título do Trabalho: Análise da cadeia de suprimentos de circuito fechado de baterias de chumbo-ácido.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Wilson de Castro Hilsdorf

Data da realização da defesa: 26/08/2020

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, / / .

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof. Dr. Wilson de Castro Hilsdorf	Ass.: _____
Profª Drª Gabriela Scur Almudi	Ass.: _____
Profª Drª Roberta de Castro Souza Pião	Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

_____

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

_____

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças a colaboração e apoio de muitas pessoas, entre elas familiares, amigos, professores e profissionais das empresas avaliadas.

Agradecimento especial à minha esposa Margarete e ao meu filho Vinícius, que me apoiaram durante toda esta jornada, abdicando da convivência familiar durante diversos finais de semana.

O meu especial agradecimento ao professor e orientador Dr. Wilson de Castro Hilsdorf, que compartilhou o seu conhecimento e me guiou para encontrar os melhores caminhos desta pesquisa. As professoras Dra. Gabriela Scur Almudi e Dra. Roberta de Castro Souza Pião que muito contribuiram na fase da qualificação.

Aos colegas do curso de mestrado que contribuíram com os seus conhecimentos e experiências pessoais e profissionais e enriqueceram os momentos que passamos juntos.

RESUMO

A cada ano aumenta a importância atribuída pelos pesquisadores e profissionais a questões referentes a sustentabilidade, seja pela degradação ambiental, consumo exacerbado, riscos à saúde, custos envolvidos na recuperação do meio ambiente, entre outros. A sustentabilidade deixou de ser vista apenas pelo prisma do meio ambiente e passou a agregar também a preocupação com aspectos sociais e econômicos, formando assim o tripé da sustentabilidade ou *triple bottom line* (TBL). Nesse contexto, um processo de cadeia de suprimento fechada - *closed-loop supply chain* (CLSC) - é fundamental para garantir o fluxo logístico desde a aquisição da matéria-prima até o destino adequado do produto após o término da sua vida útil, de modo a comprometer minimamente o meio ambiente e os recursos naturais. Em particular, essa preocupação é ampliada em situações que envolvem produtos perigosos que podem contaminar o meio ambiente, bem como as pessoas envolvidas em seus processos de produção, como o chumbo.

Partindo de uma revisão bibliográfica sobre conceitos de sustentabilidade (TBL), cadeia logística sustentável (*sustainable supply chain management* - SSCM), cadeia de fornecimento de circuito fechado (CLSC), logística reversa (LR) e reciclagem de baterias de chumbo-ácido, foi avaliada, por meio de um estudo de múltiplos casos de caráter exploratório, uma cadeia automotiva brasileira envolvendo a fabricação, o fornecimento, a recuperação e a reciclagem de baterias de chumbo-ácido, focando principalmente na recuperação e reciclagem do chumbo.

O resultado foi uma analise sobre a participação e responsabilidade dos fabricantes, revendedores e empresas de reciclagem no gerenciamento do *triple bottom line,* destacando as barreiras e motivadores inerentes a sua prática e como os incentivos, financeiros ou não, afetam a taxa de coleta das baterias exauridas.

Palavras-chave: *Triple Bottom Line, Closed-loop supply chain*, baterias de chumbo-ácido, cadeia automotiva.

ABSTRACT

Each year increased importance and attention are given by researchers and professionals to topics related to sustainability, whether due to environmental degradation, exacerbated consumption, health-related risks, costs involved in the recovery of the environment, or other causes. Sustainability is no longer seen only from an environmental standpoint, with concomitant consideration being given to social and economic aspects, thus constituting the triple bottom line (TBL). In this regard, a closed-loop supply chain (CLSC) process is fundamental to ensure the logistic flow from the acquisition of the raw material up to the suitable disposal of the product after the end of its lifespan, so as to minimize the impact on the environment and on natural resources. In particular, this concern is magnified in situations involving dangerous products which may contaminate the environment as well as the people involved in their production processes, such as lead.

Starting from a literature review of concepts of sustainability (TBL), sustainable supply chain management (SSCM), closed-loop supply chain (CLSC), reverse logistic (LR) and lead-acid battery recycling, was evaluated, through a multiple and exploratory case study, a Brazilian automotive chain, involving the manufacture, supply, recovery and recycling of lead-acid batteries, with special focus given to the recovery and recycling of lead.

The result was an analysis of the individual participation and responsibility of manufacturers, retailers and recycling companies in the management of the triple bottom line, highlighting the barriers and motivators inherent in their practice and how the incentives, financial or not, affect the rate of collection of batteries energetically exhausted.

Keywords: Triple Bottom Line, Closed-loop supply chain, lead-acid batteries, automotive chain

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes e stakeholders que serão analisados no estudo 17
Figura 2 - Cadeia de Suprimentos (forward supply chain) 24
Figura 3 - Processo de Closed-Loop Supply Chain (CLSC) 26
Figura 4 - Categorização da literatura de CLSC 29
Figura 5 - Simbologias adotadas para pilhas e baterias 33
Figura 6 - Vista explodida de uma bateria de chumbo-ácido 41
Figura 7 - Processo de CLSC para baterias 42
Figura 8 - Processo de reciclagem de baterias chumbo-ácido 45
Figura 9 - Procedimentos para realizar o estudo de caso 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de vista sobre o uso de incentivos..... 30
Tabela 2 - Meta de recolhimento de baterias inservíveis..... 38
Tabela 3 - Variáveis de Pesquisa..... 52
Tabela 4 - Lista dos entrevistados 60
Tabela 5 - Lojas avaliadas..... 59
Tabela 6 - Taxa média de retorno das baterias para os fabricantes analisados 96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnicas
ABRABAT	Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CLSC	*Closed-Loop Supply Chain* / Cadeia de Suprimento Fechada
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSCMP	*Council of Supply Chain Management Professionals*
IBAMA	Instituto Brasileiro Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBER	Instituto Brasileiro de Energia Reciclável
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	*International Organization for Standardization*
KPI	*Key Performance Indicator /* Principais indicadores de Performance
LCA	*Life Cycle Analysis /* Análise do Ciclo de Vida
LR	Logística Reversa
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OEM	*Original Equipment Manufacturer* / Fabricante de Equip. Original
Pb	Chumbo
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RPM	*Reward-Penalty Mechanism* / Mecanismo Recompensa e Penalização
SC	*Supply Chain* / Cadeia de Suprimentos
SCM	*Supply Chain Management* / Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos
SLI	*Starting Lighting Ignition* / Ignição de Partida
SINCOPEÇAS	Sindicato do Comércio Varejista de Automóveis e Acessórios
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SSCM	*Sustainable Supply Chain Management* / Cadeia de Suprim. Sustentável
TBL	*Triple Bottom Line* **/** Tripé da Sustentabilidade
UNEA	*United Nations Environment Assembly*
WCED	*World Commission on Environment and Development*
WEEE	*Waste Electrical and Electronic Equipment*
3 Ps	*People, Planet and Profits* / Pessoas, Planeta e Lucros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**

1.1 OBJETIVOS DE PESQUISA **16**
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO **17**

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **19**

2.1 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE **19**
2.2 SUSTENTABILIDADE NA CADEIA DE SUPRIMENTOS **22**
2.3 PRINCÍPIOS DE LR E CLSC **23**
2.4 LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS QUE AFETAM A RECICLAGEM DE BATERIAS **31**
2.5 DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO CHUMBO **39**
2.6 PROCESSO DE CLSC PARA BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO **40**
2.7 RECICLAGEM DE BATERIA CHUMBO-ÁCIDO **43**

3 METODOLOGIA **48**

3.1 ESTRUTURA DA PESQUISA **48**
3.2 CONSTRUCTO E VARIÁVEIS DE PESQUISA **50**
3.3 PROTOCOLO DA PESQUISA **53**

4 PESQUISA DE CAMPO **55**

4.1 COLETA DE DADOS **55**
4.2 APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS AVALIADAS **56**
4.2.1 Fabricante de baterias 1 ..... **56**
4.2.2 Fabricante de baterias 2 ..... **57**
4.2.3 Recicladoras usadas pelo fabricante 2 ..... **58**
4.2.4 Distribuidores e varejistas **59**
4.3 PERFIL DOS ENTREVISTADOS **59**

5 RESULTADOS DA PESQUISA **61**

5.1 FABRICANTE DE BATERIAS 1 ..... **61**
5.1.1 Variáveis ambientais **61**
5.1.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário **61**
5.1.1.2 Leis, normas e regulamentos **62**
5.1.1.3 Contaminação do meio ambiente **63**
5.1.1.4 Produção e reciclagem do chumbo **65**
5.1.2 Variáveis sociais **66**
5.1.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade **66**
5.1.2.2 Gestão da sociedade local **68**
5.1.2.3 Análise de riscos e perigos **69**
5.1.3 Variáveis econômicas **70**

5.1.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC 70
5.1.3.2 Processo de reciclagem 71
5.1.3.3 Plano de incentivo 72
5.1.3.4 Penalizações 73
5.2 FABRICANTE DE BATERIAS 2 73
5.2.1 Variáveis ambientais 73
5.2.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário 74
5.2.1.2 Leis, normas e regulamentos 75
5.2.1.3 Contaminação do meio ambiente 75
5.2.1.4 Produção e reciclagem de baterias 77
5.2.2 Variáveis sociais 78
5.2.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade 78
5.2.2.2 Gestão da sociedade local 79
5.2.2.3 Análise de riscos e perigos 80
5.2.3 Variáveis econômicas 81
5.2.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC 81
5.2.3.2 Processo de reciclagem 82
5.2.3.3 Plano de incentivo 83
5.2.3.4 Penalizações 84
5.3 RECICLADORAS 84
5.3.1 Variáveis ambientais 84
5.3.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário 85
5.3.1.2 Leis, normas e regulamentos 85
5.3.1.3 Contaminação do meio ambiente 86
5.3.1.4 Produção e reciclagem de baterias 87
5.3.2 Variáveis sociais 89
5.3.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade 89
5.3.2.2 Gestão da sociedade local 91
5.3.2.3 Análise de riscos e perigos 91
5.3.3 Variáveis econômicas 92
5.3.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC 93
5.3.3.2 Processo de reciclagem 93
5.4 DISTRIBUIDORES E VAREJISTAS 94
5.4.1 Variáveis ambientais 94
5.4.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário 94
5.4.1.2 Leis, normas e regulamentos 97
5.4.1.3 Contaminação do meio ambiente 98
5.4.2 Variáveis sociais 99
5.4.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade 99
5.4.2.2 Análise de riscos e perigos 100
5.4.3 Variáveis econômicas 101
5.4.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC 101

5.4.3.2 Plano de incentivo 103
5.4.3.3 Penalizações 104

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 106

6.1 ASPECTOS AMBIENTAIS 107
6.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário 107
6.1.2 Leis, normas e regulamentos 109
6.1.3 Contaminação do meio ambiente 111
6.1.4 Produção e reciclagem de baterias 113
6.2 ASPECTOS SOCIAIS 115
6.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade 115
6.2.2 Gestão da sociedade local 117
6.2.3 Análise dos riscos e perigos 118
6.3 ASPECTOS ECONÔMICOS 120
6.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC 120
6.3.2 Processos de reciclagem 122
6.3.3 Plano de incentivos 124
6.3.4 Penalizações 125

7 CONCLUSÕES 127

8 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES 130

REFERÊNCIAS 131

APÊNDICE A 139

1 INTRODUÇÃO

A importância dada a temas relacionados ao meio ambiente ganhou força a partir de 1987, quando o conceito de sustentabilidade foi introduzido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, como sendo: "O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1987, p. 8-9).

Desde então, aumentou a necessidade de produtos e práticas industriais mais sustentáveis e a pressão externa tem impulsionado as empresas a repensar seus negócios, de forma a transformar seus produtos, serviços e organizações. Segundo Gmelin e Seuring (2014), para o desenvolvimento de um produto com características sustentáveis é importante que os aspectos do *triple bottom line* - TBL, isto é, o tripé social, econômico e ambiental, seja mensurado.

Processos como Logística Reversa (LR) e *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC) – Cadeia de Suprimento Fechada – se tornaram mais importantes neste cenário seja pela consciência pública ou por legislações governamentais que exigem que os fabricantes sejam responsáveis por seus produtos mesmo após o término da vida útil dos mesmos.

Como exemplos da pressão externa, a diretiva da *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* tornou-se lei na Europa em 2003 (Diretiva 2002/95/EC), contendo requerimentos mandatórios sobre coleta, reciclagem e recuperação de todos os tipos de produtos elétricos (GEORGIADIS; BESIOU, 2010). Legislações similares podem ser encontradas no Canadá, China, Japão e em vários estados americanos (QUARIGUASI et al. 2010).

No Brasil, algumas legislações também estão em vigor, por exemplo a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo que alguns componentes (pneus, óleos lubrificantes e baterias) usados na produção de um veículo automotor (automóveis, caminhão, ônibus, motocicleta etc.) tenham destino ambientalmente correto após o término do seu ciclo de vida, bem como determina as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

Na mesma linha a Resolução CONAMA nº 401, no seu artigo 10, estabelece que não é permitida a disposição final de baterias chumbo-ácido em qualquer tipo de aterro sanitário, bem como a sua incineração. Portanto, conforme consta no artigo 6º, as baterias de chumbo, nacionais e importadas, usadas ou inservíveis, recebidas pelos estabelecimentos comerciais ou

em rede de assistência técnica autorizada, deverão ser, em sua totalidade, encaminhadas para destinação ambientalmente adequada, de responsabilidade do fabricante ou importador (BRASIL, 2008).

Baterias de chumbo-ácido pertencem a uma categoria de produtos, que mesmo após o término da sua vida útil, ainda são de grande valor econômico, dado os componentes utilizados em sua fabricação (DANIEL et al. 2003). Apenas como referência deste potencial, no Brasil o quilo de sucata de bateria é comercializado, em média, por R$ 2,50 (Dois reais e cinquenta centavos) e a produção anual é superior a 20 milhões de unidades. As baterias de automóveis pesam, no mínimo, 13 quilos.

No entanto, essas mesmas baterias são consideradas resíduos perigosos devido à sua corrosividade, reatividade ou toxicidade devendo assim ter o seu processo de CLSC bem desempenhado, evitando a deterioração ambiental e riscos à saúde. De acordo com Kannan et al. (2010), existe um grande potencial para se usar o processo de CLSC no processo de reciclagem de baterias, em especial para a recuperação do chumbo, em diversos países do mundo, pois é uma prática ainda adotada por poucos.

Daniel et al. (2003), Subulan et al. (2015) e Tosarkani e Amin (2018) realizaram estudos, sobre baterias de chumbo-ácido, com múltiplos objetivos na rede de CLSC na Grécia, Canadá e Turquia, respectivamente, e todos sugerem que seja realizado o mapeamento em outros países. De Giovanni (2018), discute os benefícios obtidos quando existe algum tipo de benefício ou incentivo na recuperação de baterias de chumbo-ácido exauridas. Na revisão bibliográfica não foram identificados estudos com objetivo semelhante no Brasil.

De acordo com Pan et al. (2019) a reciclagem de baterias de chumbo-ácido é uma opção para mitigar o esgotamento dos recursos naturais e as questões ambientais correspondentes. O chumbo primário é um minério escasso em todo o mundo, inclusive sem reservas minerais no Brasil. Portanto, um processo de reciclagem em todos os países é de fundamental importância, dado o seu uso em todos os veículos com motor a combustão. No entanto, o processo de reciclagem precisa seguir várias diretrizes para não comprometer outras questões ambientais.

A *United Nations Environment Assembly* (UNEA) adotou uma resolução em 2016, reconhecendo a crescente ameaça da reciclagem de baterias de chumbo para a saúde pública e o meio ambiente. A resolução observou “a falta de infraestrutura adequada necessária para reciclar o crescente número de baterias de chumbo-ácido” e “a necessidade de reduzir ainda mais liberações, emissões e exposições” (Assembleia das Nações Unidas para o Meio

Ambiente, 2016). A resolução da UNEA pediu especificamente aos governos para abordar as emissões e exposições da reciclagem de baterias de chumbo, no entanto a maioria dos países ainda depende de provisões gerais dentro das suas leis ambientais para supervisionar o desempenho das empresas de reciclagem e seus requisitos operacionais (GOTTESFELD, et al. 2018).

1.1 OBJETIVOS DE PESQUISA

Análises sobre CLSC se tornam relevantes em virtude da necessidade iminente de se reduzir os danos ambientais em todo o planeta, no entanto, para que esta analise seja mais abrangente é necessário considerar os três aspectos do *triple bottom line*, ou seja, aspectos ambientais, econômicos e sociais.

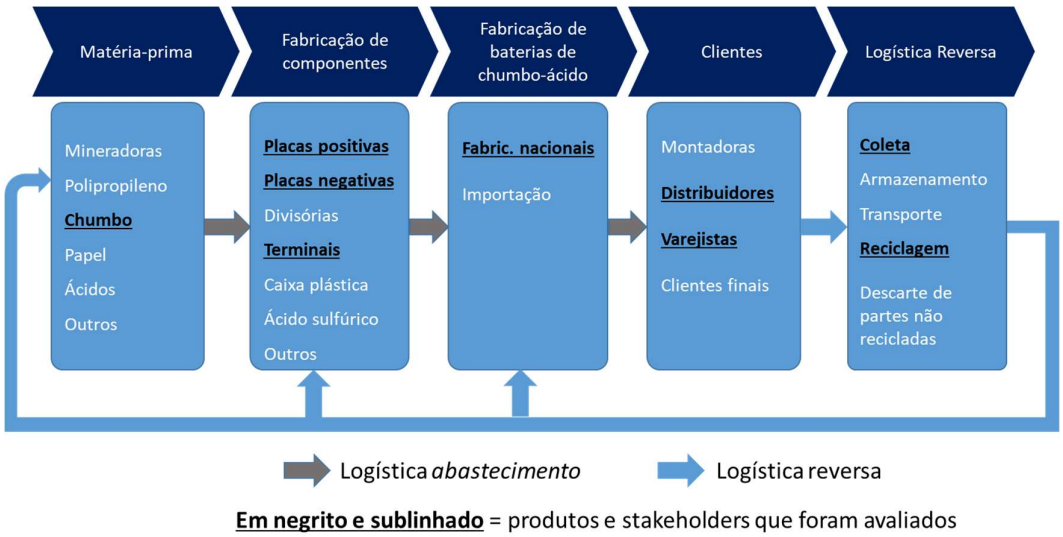
Desta forma, o objetivo deste estudo, foi avaliar como as práticas de *Closed-Loop Supply Chain* - CLSC são adotadas na cadeia automotiva brasileira para fabricação, recuperação e reciclagem de baterias de chumbo-ácido, considerando-se os aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Para balizar este estudo, 3 objetivos específicos foram considerados:

a) Analisar a participação e responsabilidades dos fabricantes de baterias de chumbo-ácido, revendedores e empresas de reciclagem, no gerenciamento sustentável, bem como sua interdependência;
b) Analisar como os stakeholders envolvidos no processo de baterias de chumbo-ácido estão lidando com os conceitos do *triple bottom line* e entender as barreiras e os motivadores inerentes à sua prática;
c) Analisar os incentivos, financeiros ou não, adotados para aumentar a taxa de coleta e obter um melhor desempenho ambiental, social e econômico.

Na figura 1 observa-se o fluxo macro do CLSC para baterias de chumbo-ácido, bem como seus principais componentes e stakeholders envolvidos. Em negrito destaca-se onde o projeto será focado.

Figura 1 - Componentes e stakeholders que foram avaliados no estudo



Fonte: Autor

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em oito capítulos: introdução, fundamentação teórica, metodologia, pesquisa de campo, resultados da pesquisa, análise e discussão dos resultados e conclusão.

O capítulo um apresenta os objetivos da pesquisa e a estruturação do trabalho.

No capítulo dois, encontra-se a fundamentação teórica usada na pesquisa, contendo os princípios e conceitos sobre sustentabilidade, inclusive na cadeia de suprimentos, os princípios de logística reversa e do closed-loop supply chain. Contem também uma evolução histórica da legislação brasileira que afetam, direta ou indiretamente, a reciclagem de baterias de chumbo-ácido. Por fim, a fundamentação teórica focou nos aspectos do chumbo, e nos processos de CLSC, LR e reciclagem das baterias de chumbo-ácido exauridas.

No capítulo três, encontramos a metodologia adotada para a realização desta pesquisa, contendo a estrutura da pesquisa, os 11 constructos divididos em aspectos ambientais, sociais e econômicos, e as 17 variáveis de pesquisa elaboradas. Também consta o protocolo de pesquisa, apêndice A, desenvolvido para auxiliar na condução das entrevistas.

No capítulo quatro é destacado a pesquisa de campo, contendo as fontes de dados, uma apresentação resumida das 12 empresas avaliadas, bem como o perfil de todos os entrevistados.

No capítulo cinco, são apresentados os resultados da pesquisa. Cada um dos onze constructos é detalhadamente avaliado pelas empresas envolvidas. O capitulo esta subdivido em fabricante de bateria 1, fabricante de bateria 2, recicladoras e distribuidores/varejistas.

No capítulo seis foi realizado a análise e a discussão dos resultados. Este capitulo também está subdividido nos aspectos do triple bottom line e cada aspecto, ambiental, social e econômico, apresenta o resultado dos 11 constructos.

No capítulo sete encontramos as conclusões do estudo.

Por fim, no capítulo oito temos as limitações do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Miguel (2010), a revisão da literatura possibilita a construção do referencial teórico da pesquisa, é nesta etapa que as bases de conhecimento são construídas e os questionamentos são estruturados para que a pesquisa seja desenvolvida.

A construção do referencial teórico para este trabalho, foi elaborada utilizando as bases de dados: Portal Capes, *Scopus, Web of Science* e Google Acadêmico. Foram utilizadas como palavras chaves: *"sustainability", "sustainable supply chain", "SSCM", "triple bottom line", "closed-loop supply chain", "CLSC", "reverse logistic", "lead-acid battery", "LAB"* e combinações entre as palavras-chaves, bem como suas derivações. As buscas também foram complementadas a partir das referências bibliográficas dos artigos pesquisados, além de pesquisa em sites especializados em reciclagem, produção de baterias de chumbo-ácido, órgãos do governo, órgãos de fiscalização, fabricantes de equipamentos etc.

Os artigos foram catalogados e classificados de acordo com seu *abstract* ou a leitura completa do artigo. Para esta primeira avaliação foram considerados os autores, os *journals*, ano de publicação, conteúdo, metodologia utilizada e relevância ao tema da dissertação. A leitura do material permitiu uma seleção prévia dos artigos que foram reavaliados em detalhes e utilizados para a revisão bibliográfica, para avaliação das tendências mundiais e as lacunas de pesquisa.

O referencial teórico foi então subdividido, em um primeiro momento, nos conceitos da sustentabilidade e no *triple bottom line*, sempre usando literatura que embasasse os seus três aspectos (ambiental, social e econômico), independente do produto ou atividade pesquisada. Na sequência o estudo contemplou o envolvimento da LR e do CLSC, em especial para atividades de recuperação do produto/material usado e dos processos de reciclagem. Por último, foi avaliado a literatura que retratassem casos de recuperação de bateria de chumbo-ácido em diversos países, entre eles: Estados Unidos, Grécia, Turquia, Índia, África do Sul, China, Coréia do Sul, Quênia, França, Canadá e Brasil.

2.1 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE

Os princípios de sustentabilidade não são novos. Segundo Pope et al. (2017) o conceito foi concebido originalmente no final da década de 1960 para se concentrar sobre os impactos

ambientais dos projetos em andamento e em um contexto sócio histórico de abusos ambientais, além da ansiedade pública sobre a proliferação de armas nucleares.

Considerando-se as publicações disponíveis no banco de dados do Scopus, utilizando-se apenas a palavra "sustainability" no título, resumo ou palavras principais, e considerado apenas artigos publicados ou em revisão, no idioma inglês, nota-se que a questão da sustentabilidade tem sido pesquisada e publicada em diversas áreas desde a década de 70. A pesquisa mostra um crescimento constante a partir do final da década de 80 (média de 50 artigos/ano) até os dias atuais (mais de 15.000 artigos em 2018). A maioria dos artigos são de pesquisadores de países desenvolvidos, no entanto, a lista é extensa, com mais de 200 pesquisadores e existe um aumento expressivo das pesquisas nos países em desenvolvimento.

Na literatura, encontram-se dezenas de definições para sustentabilidade, entre elas:

a) *"Uma ferramenta que pode ajudar os produtores e políticos a decidir quais as ações que devem tomar e quais não devem, na tentativa de tornar a sociedade mais sustentável"* (DEVUYST, HENS e LANNOY, 2001, p. 37).
b) O objetivo da avaliação de sustentabilidade é garantir que os planos e atividades contribuam de maneira ótima para o desenvolvimento sustentável (VERHEEM, R., 2002)

No entanto, a mais usual é a introduzida pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, através do Relatório *Brundtland* (*Our Common Future*), onde a sustentabilidade foi definida como *"O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades".* (WCED, 1987).

Se faz necessário uma reflexão importante nesta definição, pois as necessidades presentes são cada dia maiores. Segundo Lozano (2008), nos últimos 30 anos a expectativa de vida da população humana esteve em crescimento constante, a taxa de mortalidade infantil foi reduzida pela metade, a produção e consumo de alimentos cresceu à taxa maiores do que do aumento da população. Com isso, está ocorrendo um aumento no consumo de recursos naturais, que são finitos, nos níveis de poluição e geração de lixo e, portanto, na degradação ambiental.

O conceito do TBL – *Triple Bottom Line*, foi introduzido por Elkington (1994), criando uma estrutura contábil que incorpora as três dimensões de desempenho: social, ambiental e financeira. As dimensões do TBL também são comumente chamadas de 3Ps: *people, planet*

and profits (pessoas, planeta e lucros). Segundo Savitz (2013), o TBL "capta a essência da sustentabilidade medindo o impacto das atividades de uma organização no mundo, incluindo tanto sua rentabilidade e os valores dos acionistas quanto seu capital social, humano e ambiental".

Segundo Govindan, et al. (2016), investimentos em sustentabilidade podem ajudar as organizações a alcançar futuros mais bem-sucedidos, mantendo um equilíbrio saudável entre as dimensões econômicas, ambientais e sociais. A participação de fornecedores com a mesma mentalidade é fundamental para incrementar os índices do TBL, portanto criar uma estrutura de decisão por atributos de sustentabilidade na avaliação e seleção de fornecedores se mostra fundamental (BAI et al, 2019).

De acordo com Hahn, et al. (2010 e 2015), embora os aspectos de sustentabilidade econômica, ambiental e social devam ser alcançados simultaneamente, dado a natureza multifacetada e complexa do seu desenvolvimento, é comum haver a necessidade de *trade-offs*, pois os três critérios não podem ser alcançados simultaneamente. Estes conflitos são a regra e não a exceção, sem que isto implique necessariamente em resultados inferiores ao desenvolvimento sustentável. A visão integrativa dos três aspectos do TBL pressupõe que as empresas precisam reconhecer e aceitar que existem tensões na sustentabilidade e entender a natureza das mesmas. Estas tensões podem ser geradas pelo conflito de interesses pessoais *versus* os interesses da organização, visões de curto e longo prazo, processos atuais *versus* mudança estrutural e tecnológica e por fim, a tensão entre a eficiência das organizações e a resiliência dos sistemas socioeconômicos, ou seja, sua capacidade de absorver choques.

Segundo Ghadimi, et al. (2019), a aplicação do TBL é encontrada com mais frequência em indústrias de metal, eletro-eletrônicas e empresas ligadas ao segmento automotivo. A restrição a aplicação do *triple bottom line* está concentrada na dimensão social, pois esta recebe menos atenção em comparação aos aspectos ambientais e econômicos, mesmo que em muitos casos afete a reputação e o sucesso a longo prazo da organização (GIMENEZ e TACHIZAWA, 2012; WANG et al., 2015; AHMADI et al., 2017; GHADIMI et al., 2019).

Alguns critérios adotados na análise da dimensão social são, por exemplo, às condições sociais de trabalho, diversidade, o cumprimento dos direitos humanos, a não existência de trabalho infantil, a não exploração do trabalhador, cuidado com a saúde e segurança dos empregados, qualidade de vida, pagamento de salários justos, horas de trabalho adequadas à atividade, promulgação de práticas favoráveis nas comunidades onde as empresas realizam negócios etc. (GIMENEZ e TACHIZAWA, 2012)

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

As pressões com relação aos aspectos de sustentabilidade também repercutem em toda a cadeia de suprimentos, pois os consumidores se tornaram mais informados sobre o fato de que não é apenas o produto final, mas também a cadeia de suprimentos que precisa de muita observância e monitoramento. Desta forma, as questões da sustentabilidade passaram nas últimas décadas a serem consideradas nos processos de *Supply Chain*, criando a nomenclatura em inglês do SSCM – *Sustainable Supply Chain Management*.

Um dos primeiros estudos sobre o tema foi realizado por Linton, et al. (2007), avaliando a relação entre sustentabilidade e as cadeias de suprimentos no ambiente das operações, onde o foco na gestão e nas operações ambientais foi transferido da otimização local passando a considerar toda a cadeia de suprimentos.

Seuring e Muller (2008, p. 1700) definiram o SSCM e esta definição é até hoje a mais utilizada, sendo: "O gerenciamento de fluxos de materiais, informações e capital, bem como a cooperação entre empresas ao longo da cadeia de fornecimento, levando em conta as metas de todas as três dimensões do desenvolvimento sustentável, isto é, econômico, ambiental e social (TBL), derivadas dos requisitos do cliente e das partes interessadas. "

Seuring e Gold (2013), avaliaram as implicações de desempenho desencadeadas pela integração da sustentabilidade e da gestão da cadeia de suprimentos, desde as partes interessadas até parcerias com fornecedores. Jabbour, et al. (2014), realizaram estudo em empresas eletro-eletrônicas brasileiras com o objetivo de verificar a relação entre os níveis de maturidade da gestão ambiental e a adoção da gestão da cadeia de suprimentos sustentável. Ghadimi, et al. (2019), realizaram uma revisão da literatura publicada até 2017 destacando a evolução do tema, os problemas correntes e os desafios para o futuro.

Desta forma, as empresas têm dedicado muitos esforços para criar em suas organizações uma cultura de sustentabilidade na cadeia de suprimentos (GALPIN, WHITTTINGTON e BELL, 2015) e até mesmo repensando seus modelos de negócios (BOCKEN et al., 2014; FRANÇA et al.,2017). A sustentabilidade exige a plena integração de questões sociais e ambientais na visão, valores e operações da organização (QUINN e DALTON, 2009). As pressões são derivadas de várias fontes internas e externas, incluindo funcionários e administração, organizações socialmente conscientes, comunidades, governos e organizações não-governamentais.

2.3 PRINCÍPIOS DE LR E CLSC

Nas últimas décadas a consciência social e política despertou para os impactos ambientais e sociais negativos da indústria (HUTCHINS e SUTHERLAND, 2008). Ao mesmo tempo, com a tendência crescente da globalização e de ambientes de negócios mais competitivos, as empresas ficaram mais interessadas em melhorar os seus desempenhos econômicos e ambientais para garantir a sustentabilidade a longo prazo (PANDA et al., 2017).

De acordo com Gupta (2016), existem várias preocupações ambientais e econômicas incluindo áreas de aterros sanitários saturados, aquecimento global, esgotamento rápido de matérias-primas e aumento no volume de produtos retornados pelos clientes. Segundo Kannan et al. (2010), as indústrias estão sob grande pressão, devido a novas legislações governamentais, responsabilidade social, preocupação ambiental, benefícios econômicos e conscientização do cliente com meio ambiente, não apenas para fornecer produtos ecologicamente corretos, mas também para recuperar o produto após o seu uso.

Com isso, a logística reversa passa a ser cada vez mais importante no *supply chain management (SCM)*. O conceito de logística reversa (LR) foi tratado pela primeira vez em 1982, pelos pesquisadores Lambert e Stock e continua sendo estudado por pesquisadores e profissionais da área.

Segundo Govindan et al. (2015), a logística reversa começa nos usuários finais, onde os produtos usados são coletados dos clientes e destinados para algum processo, seja de reciclagem (para gerar nova matéria-prima ou partes), remanufatura (para revenda em mercados de segunda linha ou se possível até mesmo como produtos novos) ou reparo (para serem vendidos como produtos consertados) e finalmente dispostos como partes usadas, possivelmente em aterros sanitários ou incinerados.

Durante estes anos, diversas definições foram dadas para o conceito de logística reversa, sendo que entre elas a mais popular é: "um segmento especializado de logística com foco no movimento e gestão de produtos e recursos após a venda e após a entrega ao cliente. Inclui devoluções de produtos para reparo e/ou crédito" (COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS – CSCMP, 2019).

Outra definição bastante abrangente e utilizada é: "O processo de planejar, implementar e controlar o fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o

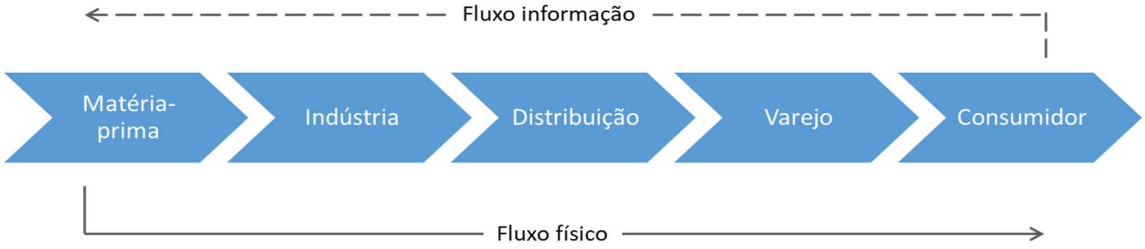
objetivo de recuperar, criar valor ou fazer o descarte adequado" (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998, p.2).

Apesar de diversas definições, o objetivo básico da logística reversa é coletar os produtos que alcançaram o término de sua vida útil, perderam sua funcionalidade ou se tornaram obsoletos, independente da linha do produto e da empresa produtora (HASANOV et al., 2019).

Claramente, as opções de recuperação são específicas de cada tipo de produto, dependendo de muitos fatores, incluindo a viabilidade técnica da desmontagem e o custo-benefício da estrutura necessária (Skinner et al., 2008). Rogers e Tibben-Lembke (1999) afirmam que as taxas de retorno variam amplamente de setor para setor e isso é importante, pois a taxa de retorno tem grande impacto no projeto e no sucesso das operações reversas. Além disso, os fatores determinantes, bem como a pressão regulatória e social, diferem amplamente entre os setores da indústria (STINDT e SAHAMIE, 2014).

Apesar da importância clara e crescente da logística reversa, segundo Govindan e Soleimani (2017) a abordagem clássica da cadeia de suprimentos não se sente responsável pelos produtos após seu final de vida útil. A abordagem clássica da cadeia de suprimentos é uma rede de instalações e opções de distribuição que executa as funções de aquisição de materiais, transformação destes materiais em produtos intermediários e acabados e a distribuição destes produtos aos clientes (figura 2).

Figura 2 - Cadeia de Suprimentos (*forward supply chain*)



Fonte: Autor, baseado em Govindan (2017)

Segundo Wang, J. et al. (2017), apesar da significante diferença entre a logística reversa e a logística tradicional elas não devem ser gerenciadas de forma isolada e um sincronismo entre ambas pode gerar boas oportunidades para a empresa, por esse motivo, esta integração tem feito parte da estratégia de *supply chain* (SC) de muitas empresas.

Uma abordagem integrada da cadeia de suprimentos, considerando as cadeias de suprimento direta e reversa simultaneamente preenchidas formam o conceito de cadeia de fornecimento de circuito fechado – *closed-loop supply chain* (CLSC).

Em contraste com a logística reversa, o CLSC envolve não apenas os fluxos reversos dos materiais/bens dos usuários finais para os fabricantes ou instalações, tais como centros de coleta, locais de descarte e centros de recuperação, mas também os fluxos de matérias-primas/bens dos fornecedores para os fabricantes e depois para os clientes. O CLSC abrange as atividades tradicionais da cadeia de suprimentos, com as atividades relacionadas aos fluxos reversos.

A importância pelo tema de Logística Reversa e CLSC pode ser comprovada pelo grande número de pesquisas e artigos relacionados ao tema, sendo eles os itens mais estudados na área de *supply chain management* nos últimos anos (GOVINDAN e SOLEIMANI, 2017). Segundo Ghahremani-Nahr, et al. (2019) é uma das áreas que mais tem chamado a atenção de governantes, empresas e consumidores nos últimos anos. No entanto, ainda há uma falta de compreensão e orientação gerencial sobre como efetivamente implementar e gerenciar este tipo de cadeia de suprimentos (BRAZ et al., 2018).

O estabelecimento de sistemas de logística reversa e do CLSC tornaram-se um requisito crítico das sociedades nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (GOVINDAN e SOLEIMANI, 2017), mas a questão é altamente complexa e desafiadora (VAHDANI et al., 2011). Empresas e indústrias em economias emergentes, como Brasil e Índia, precisam entender melhor como as suas decisões estratégicas, táticas e operacionais afetam um projeto de CLSC. Normalmente nestes países ainda existe uma compreensão limitada das questões de sustentabilidade e como elas podem ser avaliadas e gerenciadas e, como resultado, o mercado de remanufatura e reciclagem ainda é incipiente e concentrado em poucos produtos. (GAUR e MANI, 2018).

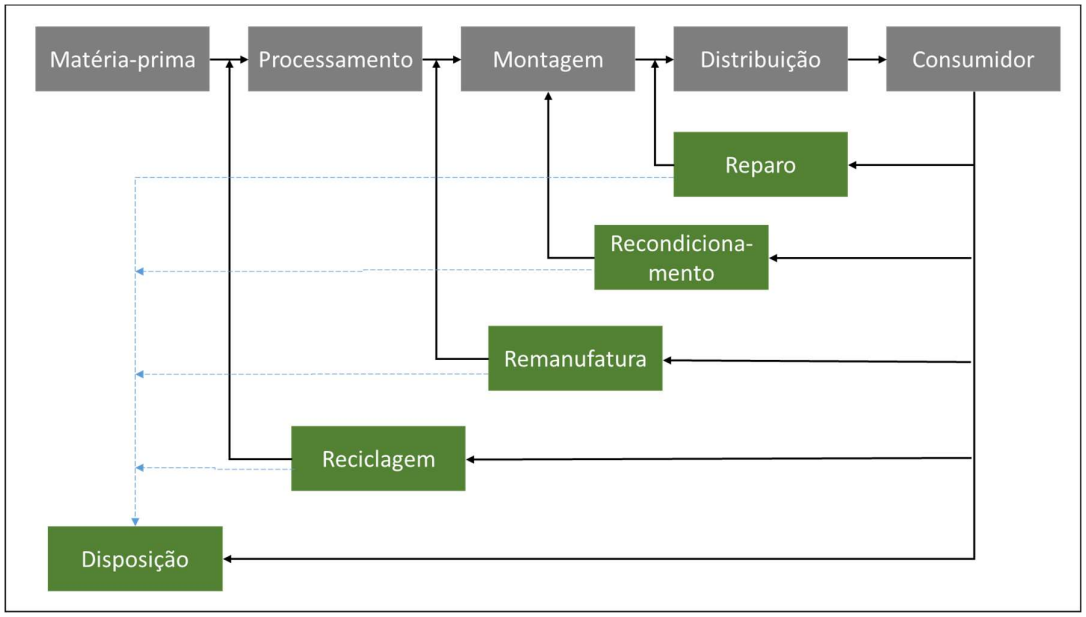
A prosperidade de tais práticas empresariais requer a colocação de infraestruturas de logística reversa apropriadas e a gestão eficiente dos fluxos de retorno (JEIHOONIAN et al., 2017). Além disto as empresas precisam dedicar os recursos necessários e o suporte ao gerenciamento, além de desenvolver a gestão com fornecedores e clientes e adotar os sistemas adequados para medição do desempenho (GIMENEZ, C e TACHIZAWA, E, 2012).

Segundo Guide e Wassenhove (2009, p. 10-18), o processo de CLSC tem um enorme potencial econômico para as empresas e pode ser definido como: “projeto, controle e operação

de um sistema para maximizar a criação de valor ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, com recuperação dinâmica de valor de diferentes tipos e volumes retornados ao longo do tempo". Além dos aspectos econômicos, o CLSC também traz impactos positivos para o meio ambiente, como a redução de lixo, descartes, consumo de matéria-prima e energia etc. (Quariguasi et al, 2010).

Uma forma geral do CLSC contendo os processos de cadeia de suprimento tradicional (fornecimento de matéria-prima, processamento, montagem, distribuição/varejo e consumo) e logística reversa (reparo, recondicionamento, remanufatura, reciclagem e descarte), simultaneamente, está ilustrada na figura 3.

Figura 3 - Processo de *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC)



Fonte: Khor e Udin, 2012

Segundo Khor e Udin (2012), o objetivo do CLSC consiste em duas atividades:

1) **Retorno do produto** – pode ser categorizado em 3 grupos, sendo:
   a) Retorno comercial – aquele no qual o consumidor retorna um produto, por qualquer razão, dentro de um prazo pré-estabelecido;
   b) Retorno por final de uso – trata-se de produtos usados, mas que são valiosos para uma renovação ou remanufatura, quando o consumidor deseja uma atualização/*upgrade* para uma nova versão;

c) Retorno por final de vida útil – quando o produto não tem mais utilidade para o usuário, no entanto as empresas ainda podem recuperar um valor residual através da reciclagem

2) **Recuperação de valor** – estas atividades envolvem a aquisição de produtos usados, produtos dispostos, reprocessamento e revenda. Existem 5 opções para recuperação:

a) Reparo – quando alguma falha no produto é consertada e o mesmo pode ser reutilizado;
b) Recondicionamento – quando alguns componentes de um conjunto são substituídos, porém o conjunto tem uma menor especificação de performance e garantia;
c) Remanufatura – diversos componentes são substituídos mantendo-se a qualidade do conjunto original e com as mesmas garantias de um produto novo;
d) Canibalização – é o reuso de alguns componentes para possibilitar o reparo, o recondicionamento e a remanufatura de outros conjuntos;
e) Reciclagem – é o processo de desmontagem do produto em nível de componentes, os quais serão avaliados para uso na produção de novos produtos ou produtos reciclados.

O término de vida de um produto tem papel vital nos processos do *closed-loop supply chain*. Estes produtos são coletados de clientes e seguem para processos apropriados de acordo com suas características e estado de conservação, como reparo, recondicionamento, remanufatura, reciclagem e por último a disposição, com o menor ataque e influência ao meio ambiente.

Segundo Guide, et al., (2003), as atividades de retorno do material podem ser detalhadas da seguinte forma:

a) Coleta/aquisição de produtos usados dos usuários finais;
b) Transporte e armazenamento desses produtos usados dos pontos de uso até um ponto de disposição;
c) Classificação, controle e fiscalização para determinar a condição do produto, selecionando a opção mais econômica ou de melhor recuperação;
d) Seleção da opção correta de recuperação: reutilização direta, reforma, reparo, remanufatura, reciclagem ou disposição para aterros ou incineração;

e) Vendas e distribuição desses produtos recondicionados para os mercados novos ou secundários.

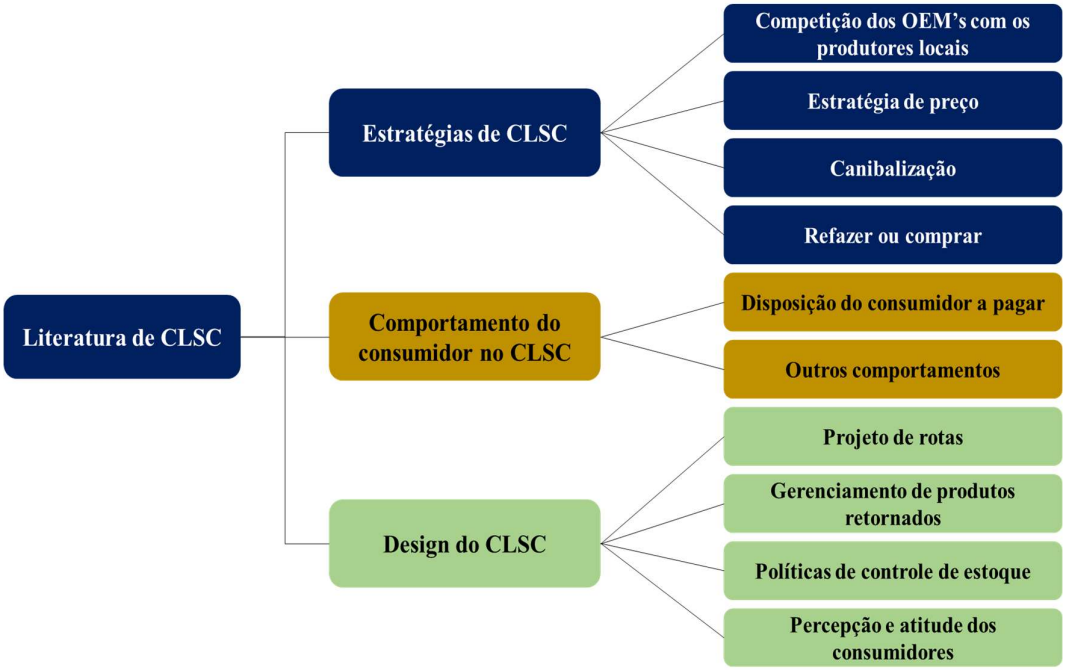
Segundo Chopra e Meindl (2010), existe um número substancial de variáveis para uma análise de decisão para o CLSC, geralmente divididas em três categorias principais:

a) **Variáveis de decisão estratégica:** decisões de desenvolvimento, como localizações e capacidades de instalações (configurações e estruturas). Essas são decisões de longo prazo.
b) **Variáveis de decisão de planejamento (táticas):** incluem decisões sobre quais mercados serão atendidos e a partir de qual local e o fluxo da rede da cadeia de suprimentos. Estas são decisões de médio prazo.
c) **Variáveis de decisão operacional:** incluindo a alocação de estoque ou produção para pedidos individuais, definindo uma data pelo qual a ordem deve ser cumprida e outras decisões de curto prazo.

Gaur e Mani (2018) estabeleceram uma categorização da literatura disponível sobre CLSC (figura 4). As três categorias (estratégia de CLSC, comportamento do consumidor do CLSC e design do CLSC) não devem ser vistas como mutuamente exclusivas e sim interligadas.

- **Estratégias de CLSC** consistem em estudos relacionados à concorrência do OEM (fabricante de equipamento original) com remanufatura local, estratégia de preços, canibalização e decisão de refazer ou comprar.
- **Comportamento do consumidor do CLSC** compreende a percepção ou a atitude do consumidor em relação a produtos remanufaturados, a vontade do consumidor por pagar por estes produtos e outros problemas comportamentais.
- **Design do CLSC** inclui decisões relacionadas a problemas de aquisição de produtos, centros de coleta, design de rede e políticas de controle de estoque.

Figura 4 - Categorização da literatura de CLSC



Fonte: Gaur e Mani, 2018

Outra questão importante no processo de CLSC é a relação com mecanismos de incentivo ou penalização para sua prática, processo conhecido como RPM – *Reward-penalty mechanism.* O processo de retorno de qualquer tipo de produto é complexo e normalmente envolve muitos *players*, desta forma, a criação de incentivos (ganhos financeiros, marketing, promoções etc.) e penalizações (multas, descontos, diminuição de subsídios etc.) para a coleta e reciclagem do material fora de uso é uma importante ferramenta para motivar a prática e reduzir custos operacionais em diversos segmentos.

Alguns pesquisadores como De Giovanni et al. (2016) consideram que o líder do processo deve criar um incentivo para as empresas que participam do processo. Masoudipour et al. (2017) consideram que os gerentes das empresas precisam adotar uma política de preços/taxa de retorno na cadeia reversa para motivar os coletores.

Do ponto de vista operacional, ou seja, valor residual obtido dos retornos e reciclagem dos produtos, em geral, os varejistas não se beneficiam diretamente. A vantagem é obtida pela exploração do marketing no processo de devolução, como aumento do número de visitas, consumidores lembrando a contribuição do varejista ao meio ambiente e consumidores satisfeitos com a participação na preservação e conservação ambiental (DE GIOVANNI, 2018).

Na tabela 1 pode ser observado a conclusão sobre o uso de mecanismos de incentivo por diferentes perspectivas.

Tabela 1 - Pontos de vista sobre o uso de incentivos

Diferentes pontos de vista sobre o uso de mecanismos de incentivo.	
Fabricantes:	Investir em programas de atividades verdes sempre consome uma quantidade considerável de recursos econômicos, portanto, o fabricante está sempre interessado em receber uma vantagem econômica a fim de recompensar seus esforços no programa.
Varejistas:	Faz sentido quando o valor residual do retorno é baixo, o processo de coleta é ineficiente, ou quando os consumidores têm uma atitude inadequada em relação ao retorno dos produtos. É ótimo quando os programas servem como ferramentas de marketing para desenvolver o mercado.
Econômico:	O incentivo de maximização conjunta, ou seja, onde todos os envolvidos no processo querem maximizar seus resultados, não leva necessariamente a um melhor desempenho econômico geral do CLSC.
Ambiental:	Extremamente positivo, pois sempre leva a um aumento considerável na taxa de retorno, que representa a fração de consumidores que retornam seus produtos de fim de uso/vida útil.

Fonte: Autor, baseado em De Giovanni, 2016 e 2018

O governo, como um facilitador externo, pode desempenhar um papel efetivo no incentivo às operações de remanufatura e também motivar os membros do canal a realizar operações reversas (Xie e Ma, 2016). Muitos outros pesquisadores também estudaram a intervenção do governo no CLSC, por exemplo, Hammond e Beullens (2007) estudaram legislações do tipo WEEEs (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) sobre o nível mínimo de recuperação de produtos, o que pode estimular as atividades da cadeia de suprimentos. Hong et al. (2014) investigaram as taxas de subsídio do governo para incentivar a reciclagem e o descarte de produtos em fim de vida. Ma et al. (2013) exploraram o subsídio de consumo em um CLSC de canal duplo e os resultados mostram que toda a cadeia de suprimentos se beneficiará do subsídio. Portanto, para tornar a RPM válida, o governo deve levar em consideração a intensidade da penalidade ou recompensa e a meta para a taxa de coleta de maneira abrangente.

Wang, He e Jiang (2018) desenvolveram modelos com e sem o uso de mecanismos de RPM para discutir como a intensidade das recompensas e as metas para coleta afetam os preços de venda, o percentual de coleta, o lucro dos fabricantes e dos coletores. O coletor sempre se beneficia com a política de RPM e seu lucro aumenta. Para o produtor, este resultado depende da intensidade da política de incentivo e penalização e está simultânea e diretamente associado à taxa imposta para coleta, que quanto maior for, mais difícil e custosa será para o fabricante.

De Giovanni, et al. (2018), mostraram que a implementação de um incentivo conjunto de maximização permite que o CLSC tenha um melhor desempenho do ponto de vista ambiental e social: os consumidores sempre retornarão mais produtos para as lojas dos varejistas, reduzindo a quantidade de baterias descartadas no meio ambiente.

2.4 LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS QUE AFETAM A RECICLAGEM DE BATERIAS

A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) foi estabelecida pela Lei 6.938 no ano de 1981. Nela constam os objetivos, instrumentos e diretrizes da política e a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e também o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A Política Nacional do Meio Ambiente tem como objetivo tornar efetivo o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, ou seja, a qualidade ambiental propícia à vida dos presentes e das futuras gerações. Além disso, viabilizar a compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a utilização racional dos recursos ambientais, fazendo com que a exploração do meio ambiente ocorra em condições propícias à vida e à qualidade de vida. Dessa maneira, o objetivo geral está dividido em preservação, melhoramento e recuperação do meio ambiente (BRASIL, 1981).

Em 12 de fevereiro de 1998, o presidente do Brasil aprovou a Lei Nº 9.605 que dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Este foi um marco importante para a preservação ambiental, embora ainda tratando o tema de forma bastante macro. A lei em questão determina a responsabilidade para quem comete crime contra o meio ambiente, e destaca em seus capítulos os crimes contra a fauna, a flora, poluição e crimes ambientais em linhas gerais, crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural e, por fim, dos crimes contra a administração ambiental (BRASIL, 1998).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em 4 de novembro de 2008 publicou a Resolução nº 401, estabelecendo os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio

para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Desta forma buscando minimizar os impactos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado e disciplinar o gerenciamento ambiental de pilhas e baterias, em especial as que contêm em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final (BRASIL, 2008).

Esta resolução considera, entre outros fatores, bateria como sendo acumuladores recarregáveis ou gerador eletroquímico de energia elétrica. Também determina como plano de gerenciamento de baterias usadas um conjunto de procedimentos ambientalmente adequados para o descarte, segregação, coleta, transporte, recebimento, armazenamento, manuseio, reciclagem, reutilização, tratamento ou disposição final, além da destinação ambientalmente adequada minimizando os riscos ao meio ambiente.

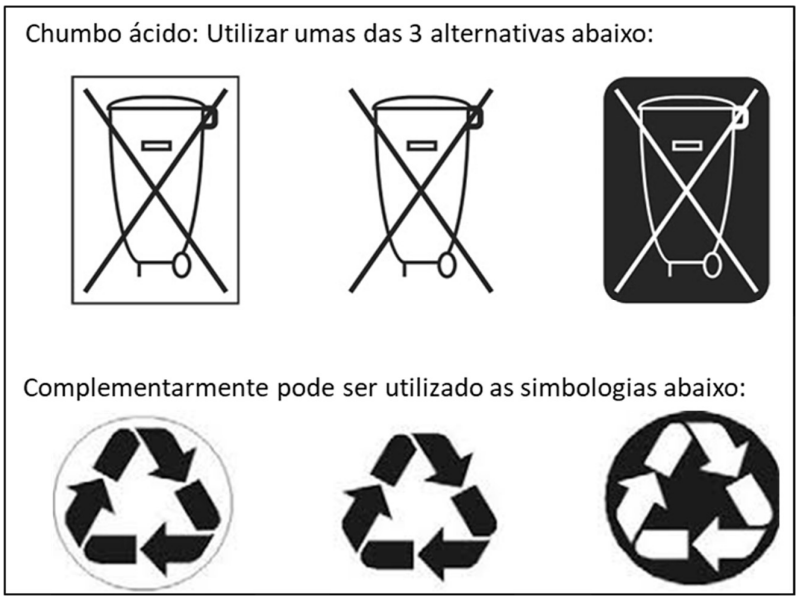
A Resolução também determina que os fabricantes nacionais e os importadores de baterias deverão estar inscritos no cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e apresentar, anualmente, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA laudo físico-químico de composição, emitido por laboratório acreditado junto ao Instituto Nacional de Metrologia e de Normatização - INMETRO. Também devem apresentar ao órgão ambiental competente o plano de gerenciamento das baterias contemplando a destinação ambientalmente adequada.

No seu artigo 6º, a Resolução nº 401 determina que as baterias de chumbo usadas ou inservíveis, recebidas pelos estabelecimentos comerciais ou em rede de assistência técnica autorizada, deverão ser, em sua totalidade, encaminhadas para destinação ambientalmente adequada, de responsabilidade do fabricante ou importador. Os estabelecimentos de venda devem obrigatoriamente conter pontos de recolhimento adequados.

A Resolução nº 401 também determina claramente que não é permitida a disposição final de baterias chumbo-ácido em qualquer tipo de aterro sanitário, bem como a sua incineração. Nos materiais publicitários e nas embalagens deverão constar de forma clara, visível e em língua portuguesa, a simbologia (figura 5) indicativa da destinação adequada, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem encaminhadas aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada. Além disto no corpo das baterias chumbo-ácido deverá constar a identificação do fabricante de forma clara e objetiva, a advertência sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente; e a

necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores.

Figura 5 - Simbologias adotadas para pilhas e baterias



Fonte: Resolução CONAMA 401

Em 02 de agosto de 2010, nova lei foi aprovada pelo governo brasileiro, instituindo a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/10, reunindo o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, incluído os perigosos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

Entre diversos outros princípios, esta lei trata da preservação e da precaução do meio ambiente; traz uma visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considera as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; busca o desenvolvimento sustentável; busca a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

Alguns objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos são a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; incentivar à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

O artigo 9º desta lei cita que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e no artigo 13 classifica os resíduos sólidos de acordo com sua origem ou com sua periculosidade.

No artigo 15 é determinado que a União elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, tendo como conteúdo mínimo, entre outros: diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos; a proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas; metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada; metas para a eliminação e recuperação de lixões; medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos; normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos; meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

Em seu artigo 33, a lei determina a obrigatoriedade de se estruturar e implementar sistemas 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. São afetados por este artigo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Através do Decreto Nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, normas foram estabelecidas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória (BRASIL, 2017).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) assinou no dia 14 de agosto de 2019 acordo setorial com a Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais (ABRABAT-BR), que reúne os maiores fabricantes nacionais, a Associação Nacional dos Sincopeças do Brasil (Sincopeças - BR) e o Instituto Brasileiro de Energia Reciclável (IBER), para implementar o sistema de logística reversa de baterias automotivas de chumbo. O acordo prevê metas e responsabilidades para os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e recicladores, desde a coleta, acondicionamento, transporte, reciclagem até a disposição final desses produtos inservíveis. A iniciativa tem abrangência nacional e já começa com metas acima de 60% para todas regiões do Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2019).

Este acordo possibilitará, por meio de metas progressivas, o recolhimento e envio para reciclagem de mais de 16 (dezesseis) milhões de baterias automotivas de chumbo o que permitirá a reciclagem de mais de 153.000 toneladas de chumbo todos os anos, reduzindo assim a dependência da importação de chumbo para a fabricação de novas baterias.

O acordo setorial determina que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de baterias implementarão o sistema de logística reversa, composto por pontos de coleta, bem como pelos serviços de coleta, transporte, armazenamento e destinação final ambientalmente adequada de baterias inservíveis, nos termos do artigo 33 da Lei nº 12.305/10 e da Resolução CONAMA Nº 401.

O sistema de LR consistirá nas seguintes etapas:

a) Os comerciantes receberão ou coletarão as baterias inservíveis, quando o consumidor as entregar de forma voluntária, preferencialmente no momento da substituição destas por baterias novas;
b) Os comerciantes acondicionarão as baterias inservíveis em suas instalações, denominadas pontos de coleta, em local adequado, conforme o disposto na Norma ABNT 12.235:1992;

c) Os distribuidores, fabricantes e importadores efetuarão a coleta periódica das baterias inservíveis junto aos pontos de coleta instalados nos comerciantes, sem ônus do transporte para este último, salvo negociação entre as partes;

d) Os fabricantes ou importadores efetuarão a coleta periódica das baterias inservíveis junto às instalações dos distribuidores;

e) Os distribuidores, fabricantes ou importadores atestarão o recebimento da quantidade de baterias inservíveis no ato da coleta, por meio de comprovantes que deverão ser apresentados à entidade gestora – Instituto Brasileiro de Energia Reciclável - IBER;

f) Os distribuidores, fabricantes ou importadores efetuarão o embarque e o transporte das baterias inservíveis dos estabelecimentos dos comerciantes ou dos distribuidores até o local onde serão reciclados ou até outra destinação final ambientalmente adequada, por meio de veículos e equipamentos de movimentação que atendam as normas de segurança aplicáveis a resíduos perigosos;

g) As recicladoras receberão as baterias inservíveis encaminhadas pelos comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores e procederão sua reciclagem, com a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deste processo.

Os fabricantes e importadores de baterias deverão cumprir, no mínimo, com as seguintes obrigações:

a) Coletar, nos estabelecimentos comerciais ou de distribuição, as baterias inservíveis devolvidas pelos consumidores;

b) Envidar esforços para aumentar o percentual de coleta de baterias inservíveis além do mínimo previsto neste acordo setorial;

c) Contratar transportadoras, ou utilizar veículos próprios, que estejam habilitados nos cadastros oficiais aplicáveis e estejam de acordo com a legislação de transporte de resíduos perigosos vigente, para realizar o transporte das baterias inservíveis;

d) Dar a destinação final ambientalmente adequada à 100% (cem por cento) das baterias inservíveis coletadas e recebidas;

e) Dar a destinação final ambientalmente adequada à 100% (cem por cento) das embalagens utilizadas para o transporte das baterias inservíveis recebidas;

f) Reciclar, ou contratar recicladoras técnica e legalmente habilitadas e licenciadas, a fim de dar destinação final ambientalmente adequada às baterias inservíveis;

g) Executar suas obrigações de forma integrada com a entidade gestora;

h) Enviar à entidade gestora todas as informações pertinentes às suas atribuições decorrentes do sistema;

i) Informar à entidade gestora o descumprimento, por parte de qualquer dos atores da cadeia, das metas de coletas de baterias inservíveis previstas neste acordo setorial;

j) Disponibilizar os materiais reciclados para reaproveitamento, por parte dos fabricantes que forneceram o produto vendido no Brasil, na correspondência de 100%, em peso do material recebido para reciclagem por parte de cada fabricante ou importador, descontada a perda comprovada no processo produtivo;

k) Destinar, de forma ambientalmente adequada, diretamente ou por meio das recicladoras, 100% (cem por cento) dos resíduos não recicláveis;

l) Assegurar, durante o processo de reciclagem das baterias inservíveis, que 100% dos rejeitos gerados serão objeto de disposição final, conforme estabelece a legislação vigente.

A entidade gestora – Instituto Brasileiro de Energia Reciclável – IBER, entre outras responsabilidades deverá receber, compilar e analisar as informações referentes à comercialização de baterias novas, ao recolhimento e à destinação final de baterias inservíveis; atuar no sentido de buscar a adesão de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e recicladoras ao sistema; elaborar e executar um plano de comunicação social para a logística reversa, voltado para o consumidor em geral e ao público específico do setor; apresentar ao MMA, anualmente, os resultados do sistema de LR; auditar e acompanhar as ações dos participantes do sistema, informando aos órgãos competentes qualquer inconformidade identificada no âmbito das atribuições individualizadas de cada participante.

As recicladoras deverão cumprir, no mínimo, com as obrigações de obter e manter atualizadas todas as licenças e permissões ambientais previstas para a atividade de reciclagem de baterias inservíveis; fornecer aos fabricantes o inventário de gerenciamento de baterias inservíveis; disponibilizar os materiais reciclados, para reaproveitamento, aos respectivos fabricantes que os destinaram, na mesma quantidade (em peso) do material destinado,

descontada a perda comprovada no processo produtivo; destinar, de forma ambientalmente adequada, 100% dos resíduos não recicláveis decorrentes do processo.

Os distribuidores e comerciantes deverão cumprir, no mínimo, com as obrigações de receber ou coletar as baterias dos geradores, empenhando esforços para que as metas do sistema de LR sejam atingidas, para posterior entrega aos distribuidores ou fabricantes ou recicladoras, armazenando-as em conformidade com o disposto na Norma ABNT NBR 12.235:1992; utilizar veículos que estejam habilitados e de acordo com a legislação de transporte de resíduos perigosos vigente; participar, no limite de suas atribuições, do plano de comunicação social para a logística reversa; efetuar a devolução aos distribuidores ou fabricantes, de forma direta ou via recicladoras, de todas as baterias.

As empresas, que fazem parte deste acordo setorial, se obrigam a cumprir com as metas de recolhimento de baterias inservíveis progressivas, intermediárias e finais, no horizonte de quatro anos, definidas na tabela 2.

Tabela 2 - Meta de recolhimento de baterias inservíveis

Região	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Norte	60%	65%	70%	75%
Nordeste	70%	75%	80%	85%
Centro Oeste	65%	70%	75%	80%
Sudeste	80%	85%	90%	95%
Sul	75%	80%	85%	90%
Brasil	75%	80%	85%	90%

Fonte: Acordo Setorial para Baterias de Chumbo

Conforme cláusula 10 deste acordo setorial, a meta de recolhimento representa, em termos percentuais, uma fração da quantidade total (em kg) das baterias colocadas no mercado de reposição pelas empresas, em cada região geográfica do Brasil e também nacionalmente. Os fabricantes são responsáveis por encaminhar para reciclagem 100% das baterias recebidas ou coletadas pelo sistema de LR, atendendo a 100% dos municípios no País que comercializarem baterias. O sistema de LR deverá contabilizar as metas de forma individualizada, por empresa, de modo a permitir que a responsabilização de eventuais descumprimentos seja feita no limite da responsabilidade de cada uma delas. Para efeito de contabilização das metas, o cálculo da quantidade em peso (kg) das baterias comercializadas em confronto com a quantidade em peso

(kg) das baterias inservíveis coletadas abrangerá o mercado de reposição, em cada região geográfica do Brasil e também nacionalmente.

O não cumprimento deste Acordo Setorial submete o infrator à aplicação das penalidades legais às quais está sujeito, de modo especial àquelas previstas na Lei nº 12.305/10 que institui a PNRS, na Lei nº 6.938/1981 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, na Lei nº 9.605/1998 que institui a Lei de Crimes Ambientais, bem como nos respectivos regulamentos e nas demais normas aplicáveis.

2.5 DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO CHUMBO

O chumbo, do latim *plumbum*, é um elemento químico de número atômico 82 e símbolo Pb. Quando em temperatura ambiente, o chumbo encontra-se no estado sólido. É um dos principais metais não ferrosos, além do zinco, alumínio e cobre, e tem sido amplamente utilizado na história humana. Acredita-se que a fundição do chumbo começou há 9000 anos e o artefato mais antigo existente nesse material é uma estatueta encontrada no templo de Osíris e datado em cerca de 3800 a.C. Por volta de 3000 a.C. há evidências que os chineses já produziam este metal. Há indícios que os fenícios exploravam o chumbo em 2000 a.C. Encanamentos de chumbo com as insígnias de imperadores romanos, de 300 a.C. ainda estão em serviço (THE LEAD GROUP INCORPORATED, 2019).

O chumbo é um metal pesado, de coloração branca-azulada, tornando-se acinzentado quando exposto ao ar. Muito macio, altamente maleável, com baixa condutividade elétrica e altamente resistente à corrosão, o chumbo se funde com facilidade (327,4°C), com temperatura de vaporização a 1725°C. É relativamente resistente ao ataque dos ácidos sulfúrico e clorídrico, porém, se dissolve lentamente em ácido nítrico (ICZ, 2019).

As matérias-primas do chumbo são classificadas em chumbo primário e chumbo secundário. O chumbo primário é produzido através da fundição de minérios e o chumbo secundário é proveniente de processos de reciclagem.

As reservas mundiais de chumbo são estimadas em cerca de 83 milhões de toneladas, com Austrália, China, Rússia e Turquia representando 66% das reservas totais. Os principais produtores de minério de chumbo são China, Austrália, Peru, Estados Unidos e México. A produção chinesa corresponde a quase 48% do total. Os minérios usados para a produção de

chumbo incluem galena, cerussita e anglesita e raramente são extraídos isoladamente. O comum é serem extraídos em conjunto com zinco, cobre e prata (USGS, 2018).

Em 2018 foi produzido mundialmente cerca de 11,7 milhões de toneladas de chumbo, sendo que deste volume 7 milhões foram obtidos através da reciclagem de baterias usadas, o que corresponde a 60% (ILZSG, 2018).

Segundo Gottesfeld e Pokhrel (2011), o chumbo é um minério altamente tóxico e capaz de envenenar quase todos os órgãos do corpo humano através da corrente sanguínea. A exposição ocupacional e ambiental ao chumbo em países em desenvolvimento pode ter um efeito muito mais profundo do que nos países desenvolvidos porque a nutrição deficiente, comum em países em desenvolvimento, aumenta a absorção de chumbo pelo trato gastrointestinal. A exposição ao chumbo, a longo prazo, seja por via respiratória, por ingestão ou contato pode causar vários efeitos indesejáveis, tais como:

- Aumento da pressão sanguínea;
- Danos aos rins;
- Abortos;
- Alterações no sistema nervoso;
- Danos ao cérebro;
- Diminuição da fertilidade do homem;
- Diminuição da aprendizagem em crianças;
- Modificações no comportamento das crianças, como agressão e impulsividade.

A Diretiva de Restrição de Substâncias Perigosas 2002/95/EC, adotada em 2003 pela União Europeia, restringiu o uso de dez substâncias em produtos elétricos e eletrônicos, incluindo o chumbo (Diretiva 2002/95/EC). Na mesma linha, no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabeleceu os limites máximos de chumbo para pilhas e baterias comercializadas no território nacional (BRASIL, 2008).

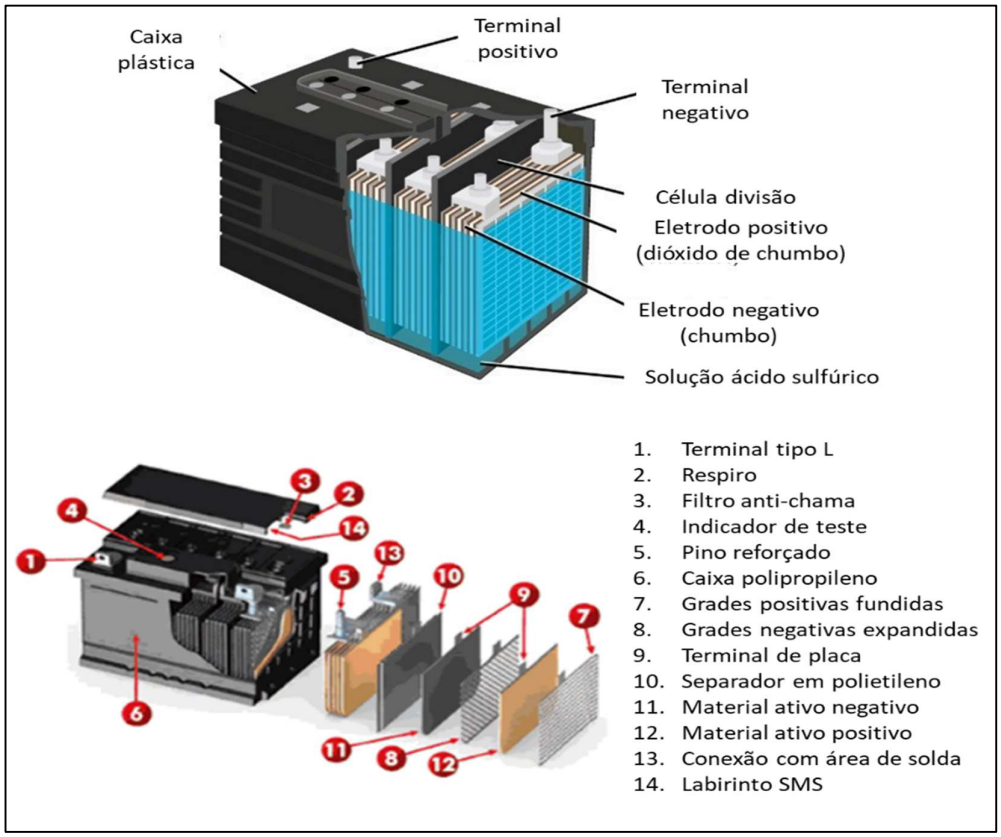
2.6 PROCESSO DE CLSC PARA BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

A bateria chumbo-ácido, também conhecida como acumulador de chumbo, foi inventada pelo francês Gastón Plante em 1859. É uma associação de pilhas ligadas em série. Uma bateria para automóveis fornece, normalmente, uma tensão elétrica de 12V.

As baterias de chumbo-ácido são produzidas mundialmente por uma grande base de fornecedores e são responsáveis pela maior participação no mercado de baterias recarregáveis, tanto em termos de valor de vendas, como em MWh de produção. O maior mercado das baterias de chumbo-ácido é o de baterias automotivas, sendo usadas principalmente como baterias de ignição de partida (SLI), com um faturamento anual de US$ 25 bilhões. O segundo mercado é de baterias industriais para energia de reserva (*standby*) ou como força motriz, com um faturamento, em 2015, de US$ 10 bilhões. A maioria das baterias industriais são usadas para aplicações de *backup* para fornecer energia segura para telecomunicações, redes de dados, segurança nacional e uma enorme variedade de aplicações onde a continuidade do fornecimento de eletricidade é essencial (MAY, et al., 2018 e USGS, 2018).

A bateria de chumbo-ácido é constituída de dois eletrodos, sendo que o material ativo positivo é o dióxido de chumbo altamente poroso e o material ativo negativo é o chumbo finamente dividido. Na figura 6 pode ser observado uma bateria de chumbo-ácido e seus componentes.

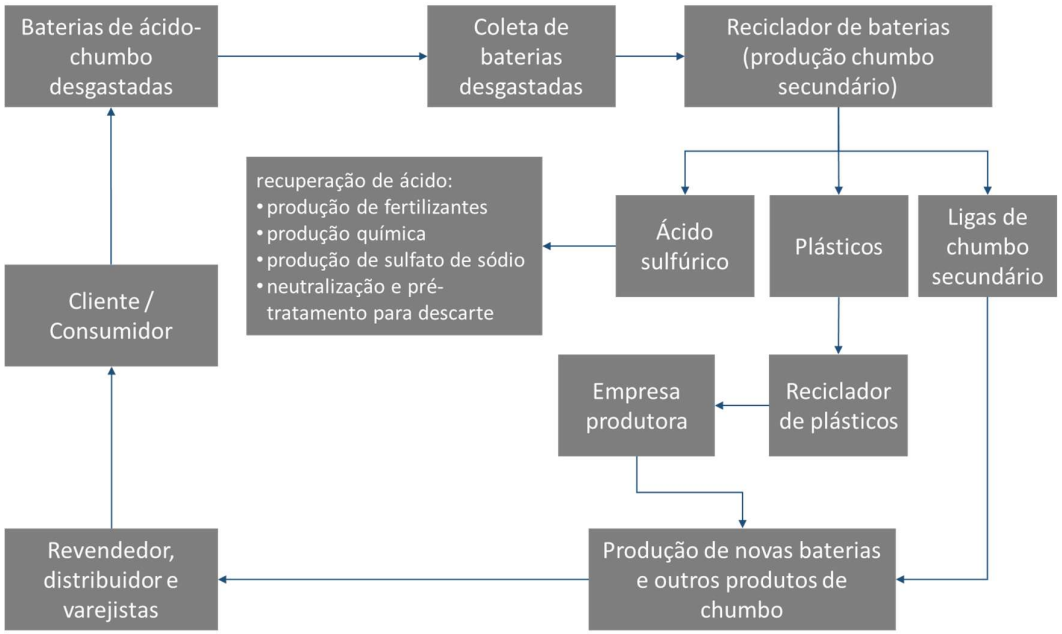
Figura 6 - Vista explodida de uma bateria de chumbo-ácido



Fonte: Catálogo de um fabricante de baterias

Normalmente, as baterias contêm 65% do seu peso em chumbo e o mesmo pode ser recuperado para posterior reciclagem, reduzindo assim os riscos de contaminação do meio ambiente, se descartados de forma errada, bem como podendo trazer vantagens econômicas para as empresas. A figura 7 demonstra um processo típico de CLSC para baterias.

Figura 7 - Processo de CLSC para baterias



Fonte: Kannan et al. (2010)

O fluxo logístico para fornecimento de baterias ao mercado consumidor é relativamente simples e os fabricantes utilizam distribuidores próprios ou terceirizados para fazer as entregas em todos os seus mercados compradores.

Segundo Wang et al. (2011) as questões, ambientais, sociais e econômicas, colocam pressão sobre os fabricantes e todos os demais envolvidos nas cadeias de suprimento de baterias, para gerenciar os fluxos reversos das baterias exauridas. O projeto e a implementação de um sistema eficiente e eficaz de coleta e recuperação são afetados pelas decisões de localização das instalações de distribuição, coleta e reciclagem, que são estratégicas e essenciais. Assim, um projeto de rede ideal requer a consideração dos fluxos direto e reverso simultaneamente (SUBULAN et al., 2015).

No modelo de logística reversa adotado nos principais mercados mundiais, o usuário final deixa a bateria exaurida no varejista ou revendedor, onde é substituída por uma nova. Desta forma os varejistas ou revendedores são designados como pontos iniciais de coleta. Na

sequência as baterias inservíveis são consolidadas em distribuidores e depois são transportadas para as instalações de reciclagem licenciadas, onde serão quebradas e seus principais materiais separados (ácido, plástico e chumbo). Cada recicladora tem suas características próprias para transformação desta sucata, podendo simplesmente separar o material ou até transformar os mesmos em nova matéria-prima, por exemplo o plástico em grânulos; o chumbo em lingotes etc. Após o processo de reciclagem, as peças de chumbo e de plástico serão transportadas para os fabricantes de baterias como matéria-prima. (KANNAN et al., 2010).

De Giovanni (2018) mostra que o uso de incentivos pode ser uma opção adequada no contexto de CLSC de baterias e que a prática é sempre benéfica ambiental e socialmente, no entanto, em relação ao desempenho econômico não leva necessariamente a um melhor resultado financeiro.

Segundo Sasikumar e Haq (2011), para motivar os clientes a devolverem as baterias usadas, as empresas de fabricação de baterias podem oferecer um desconto no preço de novas baterias em troca de uma bateria usada. Ambos os objetivos ambientais e econômicos podem ser alcançados através da criação de uma rede de distribuição eficiente para o sistema de reciclagem de baterias. Quando comparada com a cadeia de suprimentos a termo, expressivas reduções de custo podem ser alcançadas com o uso do modelo de CLSC. Isso se deve principalmente à economia substancial no custo de compra de matéria-prima de fornecedores externos. Pode-se concluir a partir dos resultados obtidos que as empresas devem fornecer incentivos adequados para coleta nos clientes e/ou varejistas para retomar uma maior quantidade de produtos usados, melhorando sua competitividade e se tornando mais adequado ao meio ambiente, além de poderem obter melhores resultados financeiros.

2.7 RECICLAGEM DE BATERIA CHUMBO-ÁCIDO

Devido às regulamentações governamentais de proteção ao meio ambiente e escassez de matéria-prima para produção do chumbo, as empresas estão sob grande pressão para recuperar as baterias exauridas.

A bateria de chumbo se torna perigosa aos seres humanos e espécies devido aos seus componentes tóxicos, principalmente se descartadas incorretamente ou em aterros sanitários, pois seu material químico pode contaminar o solo e as águas subterrâneas, daí diversos países as classificarem como resíduos perigosos (HAZARDOUS WASTE ACT, 1989). Por outro

lado, pertencem a um grupo de produtos que mesmo após sua vida útil ainda são considerados valiosos, pois usam em sua composição materiais possíveis de reciclagem e reuso (DANIEL et al., 2003).

De acordo com Sasikumar e Haq (2011), muitas organizações em países em desenvolvimento perceberam que recuperar o chumbo das baterias usadas é um negócio viável e lucrativo. O ciclo de reciclagem de baterias usadas continua indefinidamente, isso significa que o chumbo e o plástico usados na sua produção podem ser reciclados muitas vezes gerando, portanto, oportunidades do ponto de vista ambiental, social e econômico.

A importância do processo de reciclagem fica mais evidente quando existe escassez da matéria-prima, como é o caso do chumbo. Portanto, a logística reversa passa a ser de extrema importância para o sucesso, e até mesmo da sobrevivência, de toda a cadeia (GHAHREMANI-NAHR, et al., 2019).

Segundo Battery Council International (2019), cerca de 95% das baterias a base de chumbo são coletadas e recicladas em um sistema de circuito fechado (CLSC) na União Europeia e nos Estados Unidos. No Brasil, apenas os principais fabricantes têm como meta reciclar, este ano, entre 60 e 80% das baterias produzidas por eles para o mercado de reposição, dependendo da região do País. Por outro lado, inúmeros pequenos produtores nacionais ainda não têm metas estabelecidas e seu processo de LR não é monitorado e auditado adequadamente. A legislação e os acordos setoriais também não consideram os volumes vendidos para as OEMs (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2019).

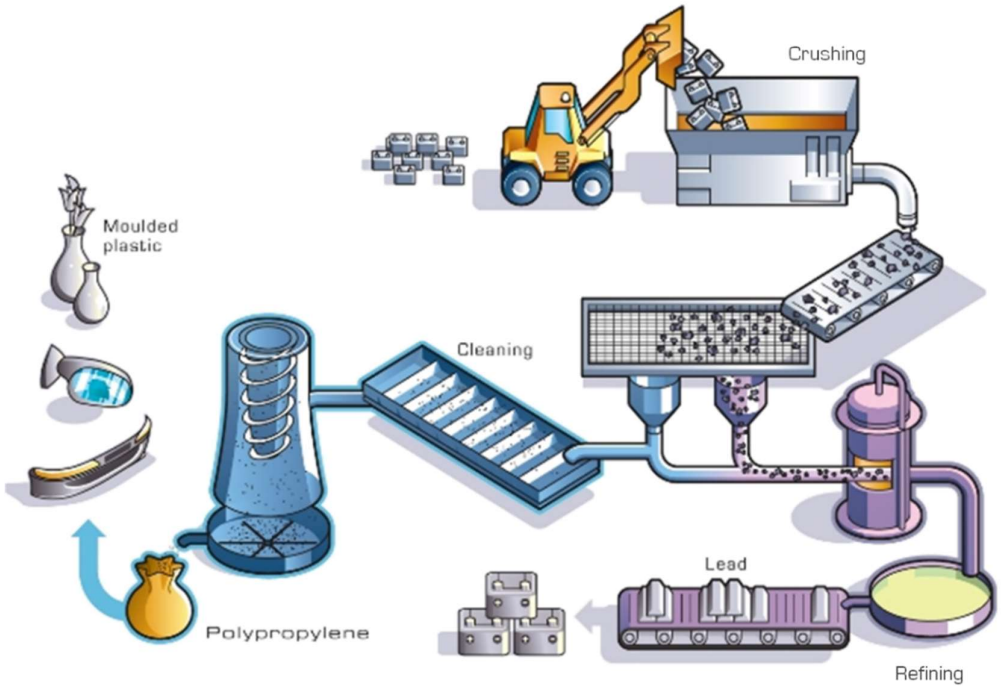
Segundo Tosarkani e Amin (2018), uma das dificuldades no processo do CLSC para baterias é o mesmo existente em diversos outros produtos, ou seja, é como tornar o processo viável do ponto de vista ambiental, social e financeiro, pois existe um conflito de interesses entre maximizar o lucro ou maximizar o desempenho verde.

Diversos pesquisadores, entre eles May, et al. (2018), descrevem o processo de reciclagem de baterias, na maioria das empresas recicladoras, conforme segue abaixo.

O processo de reciclagem começa com a quebra das baterias. Elas são quebradas ou trituradas em moinhos de martelo para que o ácido seja drenado e coletado e então, quebradas em pedaços menores e através de um processo de flotação o chumbo metálico, o polipropileno, as grades de chumbo e escórias são efetivamente separadas. (PRENGAMAN e ELLIS, 2008).

O processo básico pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Processo de reciclagem de baterias chumbo-ácido



Fonte: Catálogo de uma empresa recicladora

O ácido sulfúrico é vendido a terceiros para a produção de produtos químicos, produção de fertilizantes etc. O polipropileno, usado na fabricação das caixas de bateria, será enviado, normalmente em pedaços, para reciclagem e reutilização.

As partes que contenham chumbo metálico serão fundidas com agentes redutores em um processo pirometalúrgico. Segundo Zhang, et al. (2016) o processo pirometalúrgico é o método mais utilizado para a reciclagem do chumbo e se utiliza de altas temperaturas (500°C a 2.000°C) para realizar transformações físicas e químicas em minerais, minérios ou metais, a fim de produzir compostos e ligas.

O chumbo será então refinado para remover as impurezas e produzir o chumbo com a qualidade requerida. Este chumbo secundário, nome mundialmente usado para o chumbo proveniente de reciclagem, poderá ser fornecido para a produção de novas baterias ou atender outras especificações do cliente.

O processo é altamente desenvolvido e altas eficiências são alcançadas. Para cada tonelada de sucata de baterias cerca de 650 kg de chumbo são recuperados. (MAY et al, 2018).

No entanto, o processo de reciclagem de baterias de chumbo-ácido não sofreu mudanças significativas ao longo do tempo (YANG et al, 2012).

Segundo Daniel et al. (2003) e Gottesfeld et al. (2018), empresas de reciclagem de baterias de chumbo em todo o mundo, especialmente em países em desenvolvimento, foram identificadas como as principais fontes de contaminação do solo, em especial devido aos seus processos de reciclagem desatualizados. O processo de fundição está associado a uma alta emissão de dióxido de carbono, pó de chumbo, fumaça e resíduos perigosos, afetando seriamente a saúde pública (GOTTESFELD e POKHREL, 2011).

Phillips e Lim (1998), alertaram sobre os principais critérios ambientais que devem ser atendidos pelos produtores secundários de chumbo e estas recomendações são válidas até hoje:

a) Estação de tratamento de efluentes;
b) Purificação dos gases emitidos;
c) Dessulfurização de gases de combustão;
d) Tratamento dos resíduos sólidos;
e) Controles do nível de chumbo no sangue dos empregados.

O tratamento de emissões gasosas é dispendioso e as legislações ambientais continuam a se tornar mais rigorosas. Para cada tonelada de chumbo fundido, é necessário limpar de 30 a 40 mil m³ de gases do processo, o que requer o uso de equipamentos caros (YANG et al., 2012).

Empresas de reciclagem de baterias de chumbo na China, no Quênia e no Brasil foram identificadas como responsáveis pela contaminação de seus funcionários e também de pessoas que residem em comunidades vizinhas às instalações. Contaminações confirmadas através dos níveis de chumbo na corrente sanguínea (De Freitas, 2007; Zhang et al., 2016; Etiang' et al., 2018). Nesses casos e em outros relatados nos EUA, as investigações demonstraram uma ligação entre os níveis de chumbo no sangue e a contaminação por chumbo que persiste no solo superficial (U.S. Department of Health and Human Services, 2016).

Apenas para exemplificar e dimensionar o problema, mais de 70% das empresas de reciclagem de chumbo na China foram fechadas em 2012 devido a problemas no processo produtivo e altos níveis de poluição (TIAN et al., 2014). De acordo com as novas leis ambientais e requisitos do Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação e do Ministério da Proteção Ambiental na China, as usinas com escala inferior a 50.000 toneladas por ano foram desativadas e as demais tiveram que fazer altos investimentos em equipamentos e controles ambientais (SUN et al., 2017).

A *United Nations Environment Assembly* (UNEA) também reconheceu a crescente ameaça do processo de reciclagem de baterias de chumbo para a saúde pública e o meio ambiente e pediu especificamente aos governos para abordar o tema, no entanto a maioria dos países ainda depende de provisões gerais dentro das suas leis ambientais para supervisionar o desempenho das empresas de reciclagem e seus requisitos operacionais (GOTTESFELD, et al. 2018).

Na Coréia do Sul, desde 2003 o governo criou diversas obrigações para as empresas produtoras de baterias. A não observância pelo fabricante dessas obrigações, acarreta multas mais elevadas do que o custo de reciclagem (JEONG e KIM, 2017).

Segundo Zhang et al., (2016), alguns métodos estão sendo explorados para substituição ao processo pirometalúrgico. A técnica eletro-hidrometalúrgico é uma das alternativas que está sendo desenvolvida, no entanto apresenta algumas dificuldades, quando comparada com o processo pirometalúrgico, por exemplo:

a) É menos rentável economicamente e tem custos operacionais mais elevados, maior consumo de energia elétrica e também requer altos investimentos;
b) Materiais tóxicos são empregados nos processos, o que aumenta os riscos de saúde para os trabalhadores;
c) Aumenta os custos de manutenção e substituição devido a corrosão severa nos componentes metálicos;

3 METODOLOGIA

3.1 ESTRUTURA DA PESQUISA

O estudo de caso é a metodologia ideal para quando é necessária uma investigação holística e aprofundada, no entanto, é desenvolvida para apresentar as informações do ponto de vista dos participantes, usando múltiplas fontes de dados e sua análise. Se colocam questões do tipo "como" e "por que" e normalmente o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos (YIN, 2016).

Yin (2016) define o estudo de caso como uma investigação empírica avaliando um fenômeno no qual o contexto não está claramente definido. Em sua forma mais simples, conduzir um estudo empírico significa definir algo para ser investigado, coletar os dados relevantes, analisar e interpretar os resultados, e extrair conclusões baseadas nos resultados.

Segundo Karlsson (2016), uma missão recentemente declarada do *Journal of Operations Management* é: "A maior prioridade deve ser dada aos estudos que estão ancorados no mundo real e constroem, estendem ou testam teorias generalizáveis ou estruturas de significância gerencial". Isso sugere que a pesquisa de caso pode ter ressurgimento nos periódicos internacionais.

Yin (2016) identificou alguns tipos específicos de estudos de caso: exploratório, explicativo e descritivo. Caso exploratório às vezes é considerado como um prelúdio para a pesquisa, ou seja, pode ser usado para testar as perguntas norteadoras do projeto, as hipóteses e, principalmente, os instrumentos e procedimentos. Estudos de casos explicativos podem ser usados para realizar investigações causais e os casos descritivos requerem uma teoria descritiva a ser desenvolvida antes de iniciar o projeto.

Para todos os tipos de estudo de caso, pode haver aplicações de casos únicos ou múltiplos casos, este último ocorre quando o mesmo estudo envolve mais de uma unidade de análise. A adoção de vários estudos de caso oferece oportunidades para estudar a implementação prática exaustivamente, decifrar padrões comuns, cruzar casos e gerar explicações lógicas para um fenômeno particular (EISENHARDT, 1989). As provas resultantes de casos múltiplos são consideradas mais convincentes e, portanto, com resultado mais robusto (YIN, 2016).

Yin (2016) apresentou pelo menos quatro aplicações para um modelo de estudo de caso:

1. Explicar os complexos elos causais nas intervenções da vida real;
2. Descrever o contexto da vida real no qual a intervenção ocorreu;
3. Descrever a intervenção em si:
4. Explorar as situações em que a avaliação realizada não tem um conjunto claro de resultados.

Também sugeriu o uso de múltiplas fontes de evidências como forma de garantir a validade do constructo. Em toda pesquisa deve-se considerar a validade do constructo, a validade interna, a validade externa e a confiabilidade, mas é o desenvolvimento de um protocolo de estudo de caso formal que fornecerá a confiabilidade necessária a pesquisa. Este processo é chamado de triangulação.

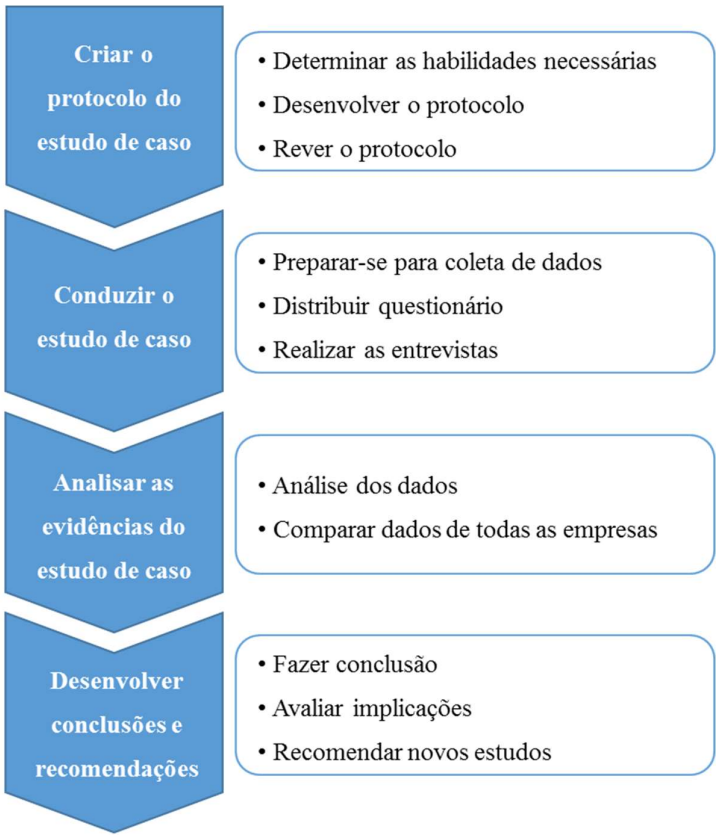
Conforme recomendado por Stockley e Balkwill (2013), atenção especial deve ser dada a confidencialidade das informações, para proteger a identidade de indivíduos, das empresas e locais de pesquisa, portanto, nomes fictícios devem ser utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Voss (2012), tipicamente a primeira fonte de dados em uma pesquisa é a entrevista estruturada ou semiestruturada, apoiada por interações e conversas. A técnica de entrevista semiestruturada, graças a sua flexibilidade, é uma das melhores ferramentas para coleta de dados, pois permite que o pesquisador obtenha dados detalhados sobre o processo que está sendo estudado e consequentemente um melhor entendimento sobre a situação avaliada.

Diversos outros métodos para coleta de dados podem ser associados ao protocolo do estudo de caso, entre elas documentos de arquivo, coleta de dados, entrevistas com perguntas abertas, observações pessoais e participação em eventos e reuniões (EISENHARDT, 1989; VOSS, 2012).

Este projeto de pesquisa foi realizado através de uma análise qualitativa, utilizando-se um estudo de múltiplos casos de caráter exploratório. Ele foi baseado nos procedimentos recomendados na literatura (YIN, 2016 e STUART, 2002), contendo as fases demonstradas na figura 9.

Figura 9 - Procedimentos para realizar o estudo de caso



Fonte: Autor, baseado em Yin (2016)

Para coleta das informações, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os proprietários, gestores e/ou representantes das empresas produtoras de baterias de chumbo-ácido, empresas de reciclagem, distribuidores e varejistas. Também foram verificados documentos baseados em relatórios, apresentações, indicadores de desempenho, procedimentos e informações públicas. Para completar o processo de triangulação também foi realizado observação direta nas empresas, observando os processos produtivos, gestão, indicadores etc.

3.2 CONSTRUCTO E VARIÁVEIS DE PESQUISA

Através da literatura estudada constatou-se o substancial aumento nas pesquisas relacionadas a processos de CLSC e a recuperação de produtos após o término de vida útil, em especial para produtos que contenham componentes perigosos e/ou um considerável valor econômico, caso das baterias de chumbo-ácido. A literatura apontou que diversos países já adotam normas, leis e regulamentações para a recuperação e reciclagem das baterias de

chumbo-ácido após o término de sua vida útil, no entanto também apresentaram uma série de deficiências em diversos países, em especial nos em desenvolvimento, como África do Sul, China, Brasil, Turquia e Índia e que ainda existem grandes barreiras para o cumprimento das normas, sejam elas ambientais ou sociais.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as práticas adotadas no processo de *closed-loop supply chain* em uma cadeia automotiva que engloba a fabricação, recuperação e reciclagem de baterias de chumbo-ácido no Brasil, focando principalmente na recuperação do chumbo.

Foi analisado a participação e responsabilidades dos fabricantes e revendedores de baterias de chumbo-ácido e empresas de reciclagem, no gerenciamento sustentável, bem como sua interdependência. Também foi analisado como os stakeholders envolvidos no processo de baterias de chumbo-ácido estão lidando com os conceitos do *triple bottom line,* considerando as barreiras e motivadores inerentes à sua prática. Por fim, foi analisado os incentivos, financeiros ou não, adotados para aumentar a taxa de coleta e obter um melhor desempenho ambiental, social e econômico.

Para esta análise foram definidas 17 variáveis de pesquisa, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Variáveis de Pesquisa

Processos e dimensões		Artigos	Constructo	Code	Variáveis de Pesquisa	Fabricantes	Recicladoras	Distrib./varej.
Produção / Distribuição / Logística Reversa / Reciclagem	Ambiental	Pan, H et al. (2019) Sun, Z et al. (2017) Jeong, K e Kim, J. (2017) Subulan, K et al. (2015) Tian, X et al. (2014)	Relação entre chumbo primário e chumbo secundário	1A	Origem do chumbo consumido	X	-	-
				2A	Relação entre quantidade de baterias vendidas e recicladas	X	X	X
		Pan, H et al. (2019) Jeoang, K e Kim, J. (2017) Sun, Z et al. (2017) Tian, X et al. (2014) Gottesfeld, P et al. (2018)	Leis, normas e regulamentos	3A	Atendimento a conformidade legal	X	X	X
		Pan, H et al. (2019) Gottesfeld, P et al. (2018) Zhang, F et al. (2016) Tian, X et al. (2014) Daniel, S. E et al. (2003)	Contaminação do meio ambiente	4A	Controle da contaminação do ar, do solo e da água	X	X	X
		Gottesfeld, P. (2018) Gottesfeld, P et al. (2011) Tian, X et al. (2017) Zhang, W et al. (2016) Tian, X et al. (2014) Daniel, S. E et al. (2003)	Produção e reciclagem de baterias	5A	Análise de riscos e perigos ambientais no processo produtivo e na reciclagem	X	X	-
				6A	Processo pirometalúrgico	X	X	-
	Social	Etiang', N.A et al. (2018) Zhang, F et al. (2016) Gottesfeld, P et al. (2018) Gottesfeld, P et al. (2011) De Freitas, C et al. (2007)	Saúde dos funcionários e comunidade	1S	Monitoramento da saúde dos funcionários	X	X	X
				2S	Indicadores de acidentes de trabalho	X	X	-
				3S	Monitoramento da saúde da comunidade próxima às instalações	X	X	-
		Etiang', N.A et al. (2018) Gottesfeld, P et al. (2018) Zhang, F et al. (2016) De Freitas, C et al. (2007)	Gestão da sociedade local	4S	Responsabilidade social com a comunidade próxima da empresa	X	X	-
		Tian, X et al. (2014) Gottesfeld, P et al. (2018) Gottesfeld, P et al. (2011)	Análise de riscos e perigos	5S	Riscos e perigos à saúde dos envolvidos na produção e reciclagem	X	X	-
				6S	Treinamento e boas práticas sobre riscos com chumbo	X	X	X
	Econômico	Tosarkani, B et al. (2018) Subulan, K et al. (2015) Subulan, K et al. (2014) Sasikumar, P et al. (2011) Kannan, G et al. (2010)	Custos envolvidos no processo CLSC	1E	Gestão do desempenho obtido com o processo de CLSC	X	X	X
		May, G. J et al. (2018) Tian, X et al. (2018) Sun, Z et al. (2017) Jeoang, K e Kim, J. (2017) Zhang, W et al. (2016)	Processo de reciclagem	2E	Reciclagem interna ou terceirizada	X	X	-
				3E	Processos de fundição do chumbo	X	X	-
		De Giovanni, P (2016) De Giovanni, P (2018) Sasikumar, P et al. (2011)	Plano de incentivo	4E	Incentivos para recuperação de baterias exauridas	X	-	X
		Tian, X et al. (2014) Zhang, W et al. (2016) Jeoang, K e Kim, J. (2017)	Penalizações	5E	Plano de penalizações e multas	X	-	X

Fonte: Autor

Buscando-se uma melhor validação e aprofundamento do estudo, foram escolhidos dois dos principais fabricantes de baterias de chumbo-ácido no Brasil. A primeira empresa avaliada é o maior fabricante de baterias de chumbo-ácido da América Latina, atendendo diversos OEMs e mercado de reposição. Esta empresa tem o processo de reciclagem executado dentro da sua própria unidade produtiva.

A segunda empresa atende exclusivamente o mercado de reposição, ou seja, não fornece diretamente para nenhuma OEM. No entanto, considerando apenas empresas com esta característica (mercado de reposição), é uma das maiores fabricantes do Brasil. Esta empresa terceiriza o processo de reciclagem e não tem nenhuma responsabilidade pelos processos lá executados. Duas das empresas de reciclagem que prestam serviços para este fabricante também foram analisadas durante este estudo.

Com estas empresas analisadas foi possível um comparativo entre empresas líderes, porém com processos produtivos e volumes comercializados bem diferentes, além do processo de reciclagem ser interno em uma delas e terceirizado pela outra. Também foi avaliado como cada uma administra o *trade-off* entre as variáveis do TBL.

Também foi avaliado como a participação dos distribuidores e varejistas afeta o processo da LR. A pesquisa foi realizada com uma amostra com oito distribuidoras e/ou varejistas, distribuídas em quatro diferentes estados brasileiros. Esta pequena amostra foi suficiente para comprovar o processo de logística reversa, bem como as barreiras e oportunidades existentes, conforme já havia sido informado pelos fabricantes.

3.3 PROTOCOLO DA PESQUISA

O protocolo de pesquisa não é apenas um roteiro a ser seguido pelo pesquisador. Ele é um instrumento contendo os procedimentos e as regras gerais para a condução da pesquisa e serve de orientação ao pesquisador na coleta de dados. Portanto, o protocolo de pesquisa deve conter uma visão geral do escopo do estudo de caso, os procedimentos que serão usados no campo e as questões relevantes ao estudo de caso. As questões que serão usadas durante as entrevistas podem ser consideradas o núcleo do protocolo (MIGUEL, 2007; VOSS, 2012 e YIN, 2016).

Através dele a pesquisa também poderá ser replicada, de forma a obter resultados semelhantes em aplicações sequenciais a um mesmo estudo de caso, melhorando assim a confiabilidade dos resultados e do estudo (MIGUEL, 2007 e YIN, 2016).

No “Apêndice A” pode ser encontrado o protocolo de pesquisa desenvolvido para o presente trabalho. Este protocolo foi elaborado baseando-se em toda a literatura pesquisada, conforme consta na tabela 3, buscando avaliar e responder as variáveis de pesquisa elaboradas.

4 PESQUISA DE CAMPO

4.1 COLETA DE DADOS

Para realizar a pesquisa, além das visitas e entrevistas realizadas nas empresas avaliadas, também foi pesquisado e avaliado outras fontes de dados, como por exemplo:

a) *Sites* dos sindicatos, das associações, institutos, empresas concorrentes, de fornecedores de serviço e de equipamentos, do Governo Federal e Estadual, de especialistas etc.;
b) Pesquisa em registros, certificados e relatórios disponibilizados por cada empresa;
c) Participação em seminário nacional, na cidade de Londrina – Paraná, sobre baterias de chumbo-ácido;

Antes da aplicação efetiva da entrevista em todas as empresas, foi realizado um teste piloto com uma das empresas produtoras de baterias e com um varejista. Alguns ajustes foram realizados, principalmente para deixar a entrevista com melhor fluidez e de forma mais sequencial.

Para a coleta de dados não foi autorizado fazer gravação de áudio pelos fabricantes e recicladores. Porém, os mesmos receberam o protocolo de pesquisa com antecedência e preencheram as informações básicas das perguntas mais relevantes, facilitando assim o volume de dados a ser anotado durante o processo. Para os distribuidores e varejistas a entrevista foi realizada diretamente em cada loja e sem envio antecipado do material, visto que a quantidade de perguntas era reduzida.

Toda as informações levantadas foram transcritas para uma base de dados, juntamente com as evidências disponibilizadas. As informações dos diferentes entrevistados foram cruzadas, com o objetivo de se complementarem ou identificar incoerências, as quais foram sanadas através de contato telefônico.

As entrevistas com o fabricante 1, somado todos os participantes, durou aproximadamente 16 horas e com o fabricante 2 cerca de 10 horas. Já com os representantes das empresas de reciclagem a duração média foi de 5 horas e com os distribuidores e varejistas cerca de 2 horas por empresa.

Após a entrevista foi enviado para as empresas produtoras e para uma recicladora um relatório contendo um resumo do que foi discutido e apresentado durante as visitas, para que

eles validassem as informações. Os demais participantes acharam que não era necessário, visto que o nome das empresas e dos entrevistados não seria disponibilizado no trabalho.

Desta forma, através do uso de várias fontes de evidências, como as entrevistas realizadas com gestores dos fabricantes, recicladores, distribuidores ou varejistas, associado com as observações diretas e com os documentos (folders, relatórios, licenças, certificações, indicadores etc.) coletados nas diversas empresas ou em seus sites, foi possível concluir um processo de triangulação dos dados, e assim avaliar todas as variáveis de pesquisa propostas no capítulo 3.2.

4.2 APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS AVALIADAS

4.2.1 Fabricante de baterias 1

O primeiro fabricante de baterias de chumbo-ácido analisado é uma empresa brasileira, de capital fechado, oriunda do estado de Pernambuco que fabrica acumuladores elétricos há mais de 62 anos para os mercados automotivo, náutico, de locomotivas, tracionário, de telecomunicações e para sistemas *nobreak*. É a maior empresa no segmento de acumuladores da América Latina.

A empresa emprega mais de 6.000 funcionários, distribuídos entre as suas 07 (sete) unidades fabris, cinco delas localizadas em Pernambuco, uma no interior do estado de São Paulo e uma unidade na Argentina. Em Pernambuco a empresa tem uma unidade de injeção de plásticos, uma unidade metalúrgica de chumbo e de reciclagem, uma unidade para montagem das baterias industriais e de motos, uma unidade para montagem de baterias automotivas e um centro de distribuição. As unidades de São Paulo e da Argentina são responsáveis pela complementação, carga elétrica e distribuição das baterias para as regiões mais próximas.

Sua capacidade de produção é superior a 11 milhões de baterias/ano (dobro da capacidade do segundo maior produtor da América Latina). A empresa atende as principais montadoras de veículos automotivos, comerciais, agrícolas e segmento de duas rodas, obtendo mais de 51% do *market share* das OEM, no Brasil e na América Latina. Em 2018 a empresa atingiu uma receita de US$ 600 milhões, o que representou um aumento de 10% sobre o ano de 2017. Para alcançar estes resultados a empresa processou 93.000 toneladas de chumbo.

A distribuição das baterias de chumbo-ácido no mercado de reposição é realizada através de uma rede de distribuição própria. A empresa tem 76 centros distribuidores no Brasil e conta com mais de 2.000 funcionários. Estes distribuidores atendem a mais de 40.000 pontos de vendas em todo território nacional. A sua participação no mercado de reposição é superior a 38%, com um volume de vendas de 5 milhões de baterias, gerando uma receita na ordem de US$ 400 milhões. Os centros de distribuição têm um papel vital no processo da logística reversa. A empresa também tem seis distribuidores na Argentina e um no Uruguai que juntos vendem cerca de 580.000 baterias por ano.

4.2.2 Fabricante de baterias 2

O segundo fabricante de baterias de chumbo-ácido analisado é uma empresa nacional, localizada no interior do estado de São Paulo. A empresa foi fundada há mais de 50 anos e atua no mercado de reposição e exportação de acumuladores elétricos, no entanto não fornece diretamente para montadoras de veículos automotivos ou comerciais. É uma especialista no mercado de reposição e está entre os maiores produtores brasileiros de baterias de chumbo-ácido dedicados para este mercado.

Os atuais donos estão no negócio desde o início da década de 90 e a empresa continua sendo de gestão familiar e com 100% do capital nacional.

A empresa tem apenas uma unidade produtiva, em sede própria e concentra nela toda as operações. A empresa conta com cerca de 500 colaboradores diretos e produziu, em 2018, mais de 1.200.000 baterias de chumbo-ácido para automóveis e caminhões e outras 600.000 unidades para motos.

A distribuição das baterias no mercado é realizada através de uma rede de 57 distribuidores terceirizados, contemplando quase todo os estados do Brasil e alguns países do Mercosul.

O processo de reciclagem das baterias é terceirizado e realizado por três empresas nacionais, localizadas nos estados de São Paulo, Paraná e Goiás. Juntas estas empresas reciclaram mais de 17.000 toneladas de baterias em 2018, apenas para este fabricante. Apesar da terceirização, todo o processo de LR é de responsabilidade do fabricante, ou seja, ele deve recuperar as baterias de seus clientes através dos distribuidores e varejistas e enviar para as empresas terceirizadas executarem a reciclagem.

4.2.3 Recicladoras usadas pelo fabricante 2

A recicladora mais utilizada pelo fabricante 2, em 2018 e 2019, está instalada no estado do Paraná e tem aproximadamente 200 funcionários. Esta empresa já foi também produtora de baterias de chumbo entre os anos 1980 e 1996, e desde então concentrou suas atividades no processo de reciclagem de baterias. Atualmente ela recicla o polipropileno e o chumbo, podendo este último ser fornecido em lingotes de diversos pesos e diferentes composições de refinamento. A sua capacidade produtiva é de 16.000 toneladas de chumbo por ano, sendo que deste volume 70% é dedicado para o fabricante 1.

A segunda empresa de reciclagem analisada está instalada no estado de Goiás e tem cerca de 120 funcionários. É uma empresa familiar, de pequeno porte, e dedicada ao processo de reciclagem de materiais que contenham chumbo, principalmente baterias automotivas. Possui capacidade de produção de 8.000 toneladas de chumbo por ano e atende diversos fabricantes de baterias.

O processo produtivo nas duas empresas é muito similar, passando por uma etapa de moagem das baterias através de martelos hidráulicos, passando a seguir para a segregação dos materiais, sendo que a parte líquida, composta de ácido sulfúrico, é drenada e enviada para empresas especializadas neste produto. A parte plástica e as partes de chumbo são separadas através de um processo de flotação. As partes plásticas, quebradas em grandes pedaços, são colocadas em *big bags* e devolvidas ao fabricante de baterias ou vendidos para outro fabricante de peças plásticas. O chumbo coletado é fundido, através de um processo pirometalúrgico e transformado em lingotes de chumbo bica de 1.000 a 1.400 kg. Nesta fase não há grandes preocupações com a qualidade química do chumbo.

O fabricante de baterias retira nas recicladoras tanto o plástico como os lingotes de chumbo e os transporta para sua unidade produtiva. O chumbo recebido passará por novo processo de fundição e terá suas características metalográficas corrigidas e adaptadas para atender os requisitos de sua engenharia, dependendo do modelo de bateria a ser produzido. Os novos lingotes produzidos pesam 20 kg, são separados por sua composição química e armazenados em área coberta.

4.2.4 Distribuidores e varejistas

Com o objetivo de confirmar o processo de LR informada pelos fabricantes de baterias de chumbo-ácido, foram realizadas visitas em alguns distribuidores e varejistas.

A quantidade de distribuidores e revendedores de baterias é extremamente elevada no Brasil, em virtude da grande variedade de marcas disponíveis e do grande volume de automóveis e motos em circulação. A venda de baterias é um negócio existente em todas as cidades brasileiras. Esta grande multiplicidade de lojas dificultam a escolha de critérios objetivos para a definição de quais lojas devem ser pesquisadas e avaliadas. Desta forma, o tamanho da amostra, bem como a escolha dos lojistas visitados não foi baseada em critérios específicos. Também foi comprovado que os processos, barreiras e resultados são muito semelhantes, comprovando o que já havia sido explicado pelos fabricantes.

No total foram analisadas 08 lojas, sendo 04 no estado de São Paulo, 02 no estado do Rio Grande do Sul, 01 em Minas Gerias e a última situada no Rio de Janeiro, conforme segue na tabela 5.

Tabela 4 - Lojas avaliadas

Estado	Cidade	Distribuidor	Varejista	Multimarca
SP	São Bernardo do Campo	Sim	Não	Não
SP	São Paulo	Sim	Não	Sim
SP	Vinhedo	Não	Sim	Sim
SP	São Caetano do Sul	Não	Sim	Sim
RS	Porto Alegre	Não	Sim	Sim
RS	Caxias do Sul	Não	Sim	Sim
MG	Juiz de Fora	Não	Sim	Sim
RJ	Xerém	Não	Sim	Sim

Fonte: Autor

4.3 PERFIL DOS ENTREVISTADOS

Para a realização do estudo de múltiplos casos de forma exploratória, foi realizado entrevistas com profissionais de diversas áreas e de diferentes níveis hierárquicos. Buscou-se entrevistar pessoas com domínio no tema e que participam ativamente dos processos avaliados,

diversos deles formadores de opinião e responsáveis por decisões estratégicas das empresas. A tabela 4 indica o perfil dos entrevistados em cada caso.

Visando preservar a privacidade das pessoas, o trabalho se refere somente a função do entrevistado.

Tabela 5 - Lista dos entrevistados

Empresa	Estado	Função
Fabricante 1	São Paulo	Gerente Comercial
		Engenheira de Vendas
	Pernambuco	Gerente Industrial
		Supervisor de Segurança no Trabalho
		Supervisor de Meio Ambiente
Fabricante 2	São Paulo	Sócio-diretor
		Gerente de Produção
		Supervisor Controle Ambiental
Recicladora 1	Paraná	Gerente de Produção
		Coordenador de Meio Ambiente
Recicladora 2	Goiás	Coordenador Geral
		Assistente de Sustentabilidade
Distribuidor 1	São Paulo	Gerente Geral
		Coordenador
Distribuidor 2	São Paulo	Proprietário
		Assistente Administrativo
Varejista 1	São Paulo	Proprietário
Varejista 2	São Paulo	Proprietário
		Vendedor
Varejista 3	Rio Grande do Sul	Vendedor
		Assistente
Varejista 4	Rio Grande do Sul	Proprietário
Varejista 5	Minas Gerais	Gerente Geral
		Vendedor
Varejista 6	Rio de Janeiro	Vendedor

Fonte: Autor

5 RESULTADOS DA PESQUISA

5.1 FABRICANTE DE BATERIAS 1

5.1.1 Variáveis ambientais

Segundo a gerente comercial, a empresa apresentou suas primeiras preocupações com a sustentabilidade muito antes do termo se tornar usual no mercado ou mesmo ser regido por leis e normas. Desde os primeiros anos da empresa, o fundador já buscava orientação e *benchmarking* em outros países na busca da melhor solução para recuperação do chumbo, pois ele já entendia que o minério ficaria escasso rapidamente, em decorrência das previsões de aumento na produção de automóveis, além dos riscos ambientais com o descarte inadequado das baterias e ainda a possibilidade de redução de custos com a recuperação do chumbo.

O gerente industrial descreveu que a empresa tem em sua estrutura organizacional uma diretoria de sustentabilidade e abaixo dela gerências de segurança do trabalho e meio ambiente nas unidades produtivas. O supervisor de meio ambiente informou que temas relacionados a sustentabilidade são debatidos internamente através de comitês de sustentabilidade, reuniões de gerenciamento das diretrizes e da rotina, processos de melhoria de performance e de resultados, seminários de gestão de sustentabilidade etc. Ele apresentou o cronograma das reuniões, bem como algumas atas.

Foi ressaltado pelos entrevistados que a partir de um Programa Ambiental, o sistema de gestão é padronizado e todos na empresa têm a responsabilidade de garantir a sua aplicação, disseminação e a busca da melhoria contínua do desempenho ambiental. Dentro deste programa existe a Política Integrada e Diretrizes de Sustentabilidade, dividida em três capítulos:

1. Política Corporativa de Gestão
2. Diretrizes de Meio Ambiente
3. Diretrizes de Saúde e Segurança

5.1.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário

Segundo a gerente comercial a empresa está obrigada, através da Resolução CONAMA Nº 401 e pelo Termo de Compromisso entre governo, sindicatos, associações, fabricantes, importadores, distribuidores, varejistas e recicladores, a recuperar cerca de 75% das baterias

vendidas no mercado de reposição, sendo que este índice é variável entre as regiões do País. O supervisor de meio ambiente salienta que há expressiva diferença entre os percentuais coletados nas diferentes regiões do País, destacando-se positivamente a região Sudeste e negativamente as regiões Norte e Nordeste, e por isto o objetivo de recuperar 100% ainda não é factível.

Portanto, conforme comentado pelo coordenador de meio ambiente, por melhor que seja o processo de logística reversa a empresa ainda precisará comprar chumbo para mais da metade de sua produção total, ou seja, chumbo para as baterias vendidas para os OEMs e uma determinada quantidade para o mercado de reposição. Mesmo com todas as dificuldades existentes, a empresa deve recuperar cerca de 4 milhões de baterias em 2019.

De acordo com o gerente industrial, a empresa tem planos e estratégia para recuperar, nos próximos anos, acima de 90% das baterias vendidas para o mercado de reposição e contemplar 100% das cidades brasileiras. Também destacou que existe capacidade produtiva disponível para executar todo o processo de reciclagem internamente.

O supervisor de meio ambiente apresentou certificados emitidos pelo IBER – Instituto Brasileiro de Energia Reciclável, comprovando que a relação entre baterias novas vendidas ao mercado de reposição e as taxas coletadas e recicladas superam o limite mínimo exigido pelo acordo setorial.

O gerente industrial explicou que como não existe mais extração de chumbo no Brasil, em virtude da escassez dos minérios, a única fonte para o chumbo primário é a importação e eles contam com diferentes fontes de fornecimento para complementar o volume de chumbo necessário para sua produção. A empresa opta pela importação de lingotes de chumbo puro, já com a composição química requerida para os seus produtos. Também comentou que a empresa não gosta de comprar chumbo secundário de recicladoras nacionais, pois o chumbo vem com muitas impurezas. A compra do chumbo secundário é apenas um plano alternativo no caso de problemas com a importação.

5.1.1.2 Leis, normas e regulamentos

De acordo com o gerente industrial, a empresa tem uma dedicada estrutura gerencial para garantir o atendimento às conformidades legais, seja em seus processos produtivos como no processo de logística reversa e reciclagem, salientando que o tema começou a ser tratado internamente muito antes da discussão e aprovação de leis ambientais.

O supervisor de meio ambiente ressaltou que a Agência Estadual de Meio Ambiente do estado de Pernambuco – CPRH é o órgão regulador e responsável pelos controles e liberação de toda a operação. A interface de gestão entre ambos é realizada através do sistema SILIA Web e também de reuniões na planta ou na sede do órgão ambiental. Os indicadores de desempenho e controle ambiental também são reportados mensalmente para outros órgãos e instituições como a IBER e o IBAMA. Foi apresentado durante a entrevista diversos relatórios que comprovam a conformidade legal da empresa.

O supervisor de meio ambiente também destacou alguns itens da Política Integrada e Diretrizes de Sustentabilidade da empresa que reforçam o compromisso com o atendimento a conformidade legal, entre outras:

a) Garantir o cumprimento dos requisitos ambientais para as instalações em operação e para novos projetos;
b) Identificar os aspectos ambientais associados com as atividades, produtos e serviços;
c) Estabelecer objetivos e metas, tendo como referência padrões internacionais para prevenir a poluição e os impactos ambientais decorrentes de nossas operações, focando os resultados dos indicadores para uma melhoria contínua;
d) Estabelecer a transparência nas informações com as partes interessadas, buscando o fortalecimento dos vínculos, principalmente nas comunidades no entorno de nossas operações;
e) Manter as áreas de preservação permanente e reservas legais de nossas propriedades preservadas e livres de interferências;
f) Investigar os acidentes ambientais identificando a causa-raiz e contribuintes, realizando as medidas corretivas e de controle;

5.1.1.3 Contaminação do meio ambiente

A gerente comercial comentou que evitar contaminação do meio ambiente é muito mais do que uma obrigação legal para a empresa e faz parte de seus valores, e as regras e procedimentos são válidos para todos os processos produtivos e de reciclagem.

O gerente industrial comentou que a empresa investe continuamente em "programas verdes" buscando melhorar a sustentabilidade e as condições de trabalho para seus funcionários. Entre os programas pode-se destacar: Carbono Zero; Resíduo Zero; Conservação dos Recursos

Hídricos e Educação para a Sustentabilidade e Conservação da Biodiversidade. Foi apresentado alguns *folders* destes programas internos.

O supervisor de meio ambiente informou que a empresa é certificada por normas internacionais de qualidade e meio ambiente, a saber:

- ISO 9000 – Qualidade do sistema de gestão
- ISO 14001 – Sistema de gestão ambiental
- ISO TS 16949 – Referencial global para sistema de gestão de qualidade

Também foi destacado pelo supervisor de meio ambiente, que as diretrizes internas determinam o compromisso da empresa com o meio ambiente. Este compromisso afirma que a empresa busca o crescimento sustentável e a longevidade dos negócios. Para isso, as ações são pautadas em uma visão de longo prazo. São comprometidos com o bem-estar e a prosperidade das suas pessoas e das comunidades onde atuam. Por isso, buscam ser uma empresa de referência e vanguarda na preservação da biodiversidade, no uso consciente dos recursos naturais e no atendimento às legislações vigentes. A empresa disponibiliza investimentos que garantem esse compromisso. Alguns princípios orientadores da gestão com o controle ambiental, entre outros, são:

a) Proteger o meio ambiente através da prevenção da poluição, do uso sustentável de recursos naturais, minimizando os impactos socioambientais das atividades, dos produtos e serviços
b) Atender aos requisitos do sistema de gestão, às legislações e às regulamentações vigentes
c) Monitorar e garantir as emissões atmosféricas
d) Monitorar e garantir o tratamento dos efluentes gerados, tendo como meta o reuso em sua totalidade
e) Buscar a redução dos resíduos enviados para aterro sanitário

O supervisor de meio ambiente informou que os ambientes internos e externos são monitorados constantemente e que a frequência e os resultados atendem a todas as normas nacionais. Foi apresentado diversas evidências, por exemplo laudos de controle ambiental emitidos internamente e também por empresas terceirizadas, que atestam o controle de contaminação ambiental.

De acordo com o gerente industrial investimentos em novos equipamentos de controle, e também recursos para as manutenções preventivas são planejados anualmente. Também destacou que o descumprimento das normas e dos requisitos ambientais poderá acarretar responsabilidade e aplicação de sanções administrativas a todos os funcionários.

5.1.1.4 Produção e reciclagem do chumbo

O gerente industrial informou que faz parte do plano estratégico e operacional da empresa a avaliação constante dos riscos e perigos iminentes aos seus processos produtivos, tanto para a produção de novas baterias como no processo de reciclagem.

O supervisor de meio ambiente informou que é atualizado frequentemente a matriz de análise de riscos e perigos e que existem planos de ação para os itens críticos. Ele ainda reforçou que este tipo de análise é uma exigência da nova versão da ISO 9000 e da TS. Segundo ele, o tema é discutido internamente nas reuniões de segurança e que todos os funcionários também passam por reciclagens periódicas.

De acordo com o gerente industrial é fundamental que todos os funcionários tenham pleno conhecimento dos riscos e perigos que envolvem cada operação no processo produtivo e que relatem imediatamente qualquer anomalia. Todo incidente ou risco ambiental identificado é analisado pela equipe competente de forma a eliminar, ou ao menos mitigar, a chance de nova ocorrência. Ainda de acordo com o gerente industrial, como atualmente boa parte do processo produtivo é automatizado e existem muitos tipos de controle, os riscos ambientais são bem inferiores aos encontrados no passado. A maior preocupação continua sendo com o processo de fundição do chumbo.

O supervisor de meio ambiente informou que o processo usado na fundição do chumbo é o processo pirometalúrgico e, do ponto de vista de sustentabilidade, a maior preocupação é referente a emissão de gases e particulados para o meio ambiente. Essas emissões são controladas com o uso de diversos filtros nas chaminés, além de outros cuidados durante o processo. Os índices emitidos são controlados diariamente através de processos internos.

O gerente industrial informou que a empresa tem conhecimento da existência de outros tipos de processos de fundição e que nunca se aprofundaram na questão, mas entendem que o pirometalúrgico ainda é o processo mais conhecido e adotado no mundo, desta forma não há previsão de investimento em novos processos a médio prazo.

A engenheira de vendas ressaltou que informações relevantes também são repassadas para os distribuidores e clientes e que a empresa tem disponível em seu *site* informações importantes sobre os riscos de contaminação com chumbo e sobre o processo de reciclagem.

5.1.2 Variáveis sociais

Segundo a gerente comercial, a missão da empresa é: "Produzir e entregar as melhores soluções em baterias com um time coeso, gerando riquezas, fazendo o novo, bem feito e com paixão". De acordo com ela, a empresa tem uma crença muito forte, pautada em uma herança do seu fundador, que é o relacionamento de confiança entre todos e que isto é essencial para o constante crescimento e para superar situações de dificuldade. Através da vivência desta crença a empresa figura desde 2012 na lista das melhores empresas do Brasil, elaborada pela Revista Exame, e também faz parte da publicação Valor 1000 elaborada pelo jornal Valor Econômico, que lista as mil maiores empresas do Brasil.

De acordo com o gerente industrial, a sócio fundadora da empresa sempre teve muita consciência de sua responsabilidade de promover, enquanto cidadã, mudanças no contexto onde a empresa foi instalada e com isso desenvolveu diversos projetos sociais para melhorar a vida das pessoas.

5.1.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade

De acordo com o gerente industrial, a manutenção da saúde e segurança de todos os funcionários é outro importante pilar da empresa, tanto que existe um capítulo dedicado na Política Integrada. Salienta também que a empresa é auditada e certificada pelo ISO 45.001 – Gestão da saúde e segurança no trabalho, e, portanto, cumpre todas as exigências sobre o tema.

Segundo o supervisor de segurança no trabalho as Diretrizes de Saúde e Segurança da empresa determinam que a saúde, segurança e a integridade das pessoas são responsabilidade de todos e devem ser garantidas a qualquer custo. A Gestão de Saúde e Segurança é um sistema padronizado e todos têm a responsabilidade de garantir a sua aplicação, disseminação e a busca da melhoria contínua. Alguns de seus princípios orientadores são:

a) Buscar a condição segura no ambiente de trabalho, estabelecendo padrões bem definidos;

b) Gerenciar os perigos e riscos à saúde e à segurança, identificando, mensurando, avaliando e adotando medidas de correção e controle;
c) Os procedimentos operacionais, assim como de saúde e segurança devem ser disseminados pelas lideranças e seguidos por todos;
d) Estabelecer objetivos e metas na preservação da saúde de todos os envolvidos, vigilantes nos resultados dos indicadores, seguindo o princípio da melhoria contínua;
e) Investigar os incidentes/acidentes identificando a causa-raiz e contribuintes, realizando as medidas corretivas e de controle;
f) Assegurar o cumprimento dos padrões de emergência, testando sua eficácia periodicamente;
g) A segurança é inegociável. O descumprimento dos requisitos acarretará responsabilidade e aplicação de sanções administrativas.

O supervisor de segurança no trabalho apresentou um planejamento bem elaborado para a realização dos exames periódicos de saúde, com frequências determinadas de acordo com a exposição ao chumbo e, portanto, ao risco de contaminação existente. A frequência dos exames toxicológicos pode ser mensal, semestral ou anual e é determinada pelo médico do trabalho. Segundo ele o resultado geral da empresa está abaixo dos limites exigidos pelas normas brasileiras e até mesmo das normas internacionais, que são mais exigentes. Estes exames têm apresentado resultados melhores a cada ano, o que comprova que a empresa está lidando com a melhoria contínua e investindo na prevenção.

Com relação a acidentes de trabalho foi explicado pelo gerente industrial que todos os funcionários são atendidos imediatamente no ambulatório da empresa e em casos mais graves eles são conduzidos para hospitais da região. Também foi explicado as métricas adotadas pela empresa para acompanhamento deste indicador e foi explicado que a empresa considera o número absoluto de acidentes registrados no ambulatório; um critério para a gravidade da lesão e também um indicador de horas perdidas de trabalho. Os resultados apresentados mostram uma redução no índice de gravidade do acidente e também nas horas não trabalhadas, porém o número absoluto de acidentes em 2019 está superior ao ano de 2018. Questionado o porquê deste pior resultado, o supervisor de segurança no trabalho explicou que está diretamente associado com o aumento de horas trabalhadas na empresa, visto que o volume de produção e a quantidade de funcionários aumentaram, mas reforçou que o resultado final é aceitável, visto a redução na gravidade e nas horas não trabalhadas.

Com relação ao monitoramento da saúde da comunidade próxima às instalações, o gerente industrial informou que a empresa tem diversos programas sociais, mas que não realiza e não

custeia a realização de exames de saúde para a comunidade próxima. Novamente foi reforçado que o trabalho da empresa é focado na prevenção da contaminação ambiental, garantindo assim que a exposição da comunidade a poluição seja reduzida ao máximo. Também reforçou que como os resultados dos exames dos funcionários estão abaixo dos limites legais e a exposição deles é muito superior à da comunidade, o risco de contaminação fora da empresa mostra ser muito baixo.

Dentro das iniciativas sociais da empresa, em conjunto com diversos parceiros, o tema de saúde e segurança também são abordados e esclarecidos junto à comunidade local.

5.1.2.2 Gestão da sociedade local

A gerente comercial explicou que no início das operações, há mais de 60 anos, a empresa ficava em uma área praticamente isolada, mas com o crescimento da região a cidade foi se desenvolvendo ao redor da empresa e hoje a mesma está cercada pela comunidade, o que aumenta a responsabilidade pelo entorno das unidades produtivas.

De acordo com o supervisor de meio ambiente, além do grande controle ambiental em todo o processo produtivo, a empresa monitora toda a área próxima as suas unidades, avaliando o nível de poluição do ar, dos efluentes e do solo, e todos os resultados estão dentro dos limites permitidos e aceitáveis.

A gerente comercial informou que a fundadora da empresa sempre teve uma personalidade muito forte e um amor incondicional pela cidade e isto sempre a levou a pensar em novos horizontes para a cidade, e por meio de suas ações sociais demonstrava sua preocupação com as pessoas. Alguns exemplos foram a criação de um centro de artesanato sem fins lucrativos, com a finalidade de apoiar os artesãos na venda de seus produtos. Também desenvolveu diversos projetos inovadores na área de educação, conseguindo reduzir os índices negativos, de evasão e repetência.

Complementando os aspectos sociais, em 2014 foi criado pelas suas netas um Instituto, com a honrosa missão de contribuir para tornar a cidade atraente e melhor para se viver, atuando nas frentes de educação e cultura com foco em jovens e crianças para assim, transformar a comunidade. O legado deixado foi de: *"Transformar as pessoas, para que elas transformem a cidade"*.

O supervisor do meio ambiente complementou informando que a empresa, além de ser o maior empregador da região, tem convênios com escolas técnicas e faculdades da região para estimular a formação de profissionais, que poderão ser oportunamente contratados.

5.1.2.3 Análise de riscos e perigos

Segundo o gerente industrial, tendo os funcionários como o seu principal ativo, a empresa investe continuamente em treinamentos e no desenvolvimento de suas atividades, realizando o monitoramento constante de todos os processos, visando, além do cumprimento das conformidades legais, a preservação da saúde de seus funcionários. A utilização de diversos meios de controle, associados ao uso contínuo de equipamentos de proteção individual (EPI), minimizam os riscos e perigos de qualquer tipo de contaminação e acidente, mas claro que se tratando de uma área produtiva, associado ao uso de diversos elementos contaminantes, um certo grau de risco sempre existe, por melhor que seja o controle preventivo. Na análise de riscos e perigos apresentada foi evidenciado diversos tópicos dedicados aos aspectos sociais, abrangendo tantos os seus funcionários como a comunidade vizinha.

De acordo com o supervisor de segurança do trabalho, qualquer novo funcionário só começa a trabalhar em seu posto após a realização de treinamento sobre os riscos que o chumbo oferece, além claro de comprovar que está apto, técnica e fisicamente, a trabalhar no posto designado.

Ainda segundo o supervisor, o tema é tratado constantemente nas reuniões da empresa, nos comitês de segurança, através dos diálogos diários de segurança e da divulgação de boas práticas e melhoria contínua. Para fechar o ciclo de treinamento interno, ao menos anualmente toda a equipe passa por um processo completo de reciclagem. Foi apresentado por ele diversos diálogos de segurança tratando do risco de contato com o chumbo e o que fazer em caso de detecção de alguma anomalia.

A gerente comercial reforçou que treinamentos também são realizados e disponibilizados para sua rede de distribuidores, além de disponibilizar diversas informações no *site* na Internet.

5.1.3 Variáveis econômicas

De acordo com a gerente comercial, a empresa é a maior produtora de baterias de chumbo-ácido da América Latina e, portanto, tem uma grande e sólida estrutura de negócios. Ela e os demais entrevistados ressaltaram a necessidade de se manterem atualizados tecnicamente, pois as mudanças no mercado consumidor serão grandes nos próximos anos, visto a introdução crescente de veículos elétricos.

Segundo o gerente industrial, a empresa sempre fez uma boa gestão do seu desempenho em todos os processos, no entanto, ressaltou que a melhoria continua é fundamental, pois a cada dia é mais evidente a necessidade de redução de custos, aumento de produtividade e melhoria da qualidade. Foi comentado que apesar da liderança absoluta no mercado nacional, a concorrência, nacional e internacional, não está parada e, portanto, eles precisam se superar a cada dia.

Detalhes financeiros e sobre o resultado operacional da empresa não foram apresentados e discutidos, alegando-se tratar de temas confidenciais.

5.1.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC

Tanto a gerente comercial como o gerente industrial, afirmaram que normalmente o processo completo do CLSC tem um resultado econômico negativo, visto os altos custos no gerenciamento e no processo de reciclagem.

A gerente comercial reforçou a complexidade do processo de LR, principalmente dado o tamanho do País. Segundo ela, a equipe e os esforços necessários para fazer toda a gestão do negócio é bastante oneroso, envolvendo o controle das vendas de novas baterias e retorno das baterias exauridas, o gerenciamento e os custos de transporte, todo o gerenciamento necessário junto aos órgãos de controle e validação da LR e claro, todos os custos inerentes ao processo produtivo da reciclagem.

O gerente industrial complementou que o processo de reciclagem é caro e necessita de altos investimentos em equipamentos produtivos e de controle ambiental, além uma alta taxa de depreciação dos equipamentos, visto o contato direto com soluções ácidas e com o próprio chumbo. Estes desgastes acentuados implicam também em maiores despesas de manutenção.

Os gerentes concluíram a discussão afirmando que, do ponto de vista gerencial e econômico, seria muito mais simples apenas importar a matéria-prima, mas eles têm claro

entendimento que isto não é factível e que comprometeria os demais pilares da sustentabilidade. Portanto, apesar de todas as dificuldades econômicas no processo de LR e reciclagem, todos os custos já estão incorporados no resultado operacional da empresa e eles precisam atender as legislações nacionais, além claro de precisarem do chumbo para a produção de novas baterias. Desta forma, cabe a todos os funcionários a responsabilidade de encontrar meios de tornar o processo mais barato e mais produtivo, melhorando assim o resultado financeiro da empresa.

O supervisor de meio ambiente contribuiu dizendo que o processo de LR tem muitas variáveis, por exemplo, mais de 40.000 pontos atendidos pelos distribuidores, em centenas de cidades em todo o Brasil; sistema de transporte nacional focado no modal rodoviário com diversas limitações; custos extras em todo o processo por se tratar de produtos perigosos; mercado paralelo muito forte no segmento de baterias e que nem sempre seguem todas diretrizes e normas; altos custos com o processo de reciclagem; recebimento de baterias de baixa qualidade etc.

5.1.3.2 Processo de reciclagem

Foi apresentado pelo gerente industrial o processo produtivo utilizado na reciclagem das baterias, destacando-se a separação dos materiais e a reciclagem do chumbo. Segundo ele, o processo de reciclagem sempre foi realizado internamente e não faz sentido fazer esta operação em terceiros, dado o alto volume reciclado e o fato da estrutura já estar montada, além do pleno domínio técnico do processo.

Questionado se economicamente não seria mais vantajoso fazer a reciclagem mais próximo dos grandes centros consumidores, reduzindo assim os custos com transporte da sucata, o gerente respondeu que a diferença seria pequena. Isto pelo fato de que quase todos os componentes da bateria exaurida são reutilizados na fabricação de uma bateria nova, portanto o peso a ser transportado não seria muito diferente. Outro ponto importante é que os custos de mão de obra certamente seriam maiores em diversas regiões, e, portanto, inviabilizariam esta mudança de local. Segundo o gerente, um estudo deste só faz sentido se houver a necessidade de aumentar muito a capacidade de reciclagem, investindo assim em uma nova planta.

Foi explicado pelo gerente industrial que o chumbo é reciclado através do processo pirometalúrgico, que é o mesmo utilizado na fundição do chumbo para a fabricação de novas baterias.

O supervisor de meio ambiente complementou afirmando que se todas as medidas de contenção forem tomadas e administradas corretamente, os níveis de emissão de um processo pirometalúrgico são totalmente controláveis e que atendem as normas nacionais. Portanto, ele também não vê necessidade a curto e médio prazo de investir em novas tecnologias.

5.1.3.3 Plano de incentivo

De acordo com a gerente comercial, a empresa incentiva, através de políticas comerciais, seus distribuidores e revendedores a aumentarem as taxas de coleta. Estas políticas comerciais basicamente garantem melhores preços para os distribuidores que tenham uma melhor performance na LR.

Segundo ela, o objetivo final é que estes melhores preços possam ser oferecidos para os clientes finais que concordarem em fazer a devolução da bateria exaurida. O atual entendimento é que boa parte dos clientes finais ficam mais sensibilizados com o desconto obtido do que pela iniciativa ambiental de devolver a bateria exaurida para reciclagem, portanto, os incentivos oferecidos ajudam muito na concretização da venda.

A gerente comercial reforçou que as menores taxas de retorno ocorrem nas regiões Norte e Nordeste. Nestes locais, os distribuidores e lojistas precisariam argumentar mais com seus clientes sobre as vantagens ambientais da LR, buscando incrementar a taxa de retorno.

A engenheira de vendas complementou informando que a empresa também assume todos os custos com desenvolvimento de campanhas educativas e publicitárias, como banners, folhetos explicativos e divulgação nas mídias sociais.

Um ponto crítico, no entendimento dos entrevistados, é a precária divulgação por parte do governo sobre os riscos ambientais com o descarte inadequado, o que dificulta o processo de LR. O conhecimento da sociedade sobre os riscos que o chumbo oferece ainda é muito limitado e o tema precisa ser melhor explorado pelos órgãos competentes, como o Ministério do Meio Ambiente ou o Ministério de Minas e Energia.

Além disto, segundo os entrevistados, o governo também não participa dos custos envolvidos, seja com incentivos tributários ou qualquer outra forma de apoio financeiro.

5.1.3.4 Penalizações

O supervisor de meio ambiente informou que a empresa pode sofrer as sanções e penalidades estipuladas pela legislação brasileira e pelo acordo setorial, caso não cumpra as legislações ambientais em seu processo produtivo, bem como se não atingir as taxas mínimas de coleta na LR. As penalizações podem variar desde o pagamento de multas, interrupção das atividades e até mesmo o fechamento da empresa.

De acordo com a gerente comercial, perante seus distribuidores a empresa se coloca no direito de suspender as vendas para aqueles que não estiverem cumprindo o acordo de retorno da sucata. Além disto, como os distribuidores são próprios, os gestores responsáveis seguem as regras internas da empresa e podem ser penalizados administrativamente, chegando até a demissão.

O gerente industrial fez críticas com relação ao nível de exigência e de fiscalização que a empresa é submetida e que não são comuns para todas as empresas produtoras de baterias. Ainda segundo o gerente, dezenas de pequenos produtores nacionais não estão obrigados a fazer a LR, ou ao menos não fazem parte de acordos setoriais, e, portanto, raramente são auditados e fiscalizados pelos órgãos responsáveis pelo controle ambiental ou fiscal.

5.2 FABRICANTE DE BATERIAS 2

5.2.1 Variáveis ambientais

De acordo com o sócio-diretor, o tema de sustentabilidade é um dos pilares da empresa, não apenas pela exigência dos órgãos ambientais, mas também pelos valores dos proprietários. A coordenação do meio ambiente está inserida no departamento técnico da qualidade e ligada diretamente a diretoria industrial.

Na oportunidade da visita foi apresentado pelo gerente de produção e pelo coordenador do meio ambiente todo o fluxo produtivo da empresa, bem como a documentação envolvida no gerenciamento ambiental, por exemplo a Licença de Operação e o Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental, ambos emitidos pela CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo, bem como o Certificado de Regularidade e a

Autorização Ambiental para Transporte Interestadual de Produtos Perigosos, emitidos pelo Ministério do Meio Ambiente.

A empresa descreve em sua política ambiental o compromisso social em oferecer produtos de alta qualidade, sempre respeitando o meio ambiente. Para isto, baseia-se nos princípios de controle do consumo de recursos naturais, preservação da natureza e reutilização de produtos recicláveis, atendendo assim os requisitos legais aplicáveis e os requisitos voluntários assumidos pela organização.

5.2.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário

O supervisor de controle ambiental explicou todo o processo sobre o acordo setorial para recuperação de baterias, que estava naquele momento em discussão entre os envolvidos. Segundo ele o objetivo da empresa é recuperar o máximo possível de baterias exauridas, mas este volume varia muito entre as regiões, sendo mais crítico a região Norte.

O objetivo da empresa é recuperar, no mínimo, 850.000 baterias em 2019, o que corresponde a cerca de 70% das baterias automotivas vendidas. De acordo com o acordo setorial, este índice é crescente ano a ano e deverá chegar a 90% nos próximos anos.

Segundo o sócio-diretor, para que este processo funcione bem, os distribuidores têm um papel vital na recuperação das baterias e devem fazer acordos com seus lojistas e clientes para que recuperem ao máximo as baterias exauridas. Eles também têm o papel de serem centros de consolidação da sucata.

Conforme o supervisor de controle ambiental, apesar das variações no índice de coleta entre as regiões, o resultado tem sido bastante positivo, conseguindo em alguns meses atingir 100% do volume total, graças a ótima performance da região Sul e Sudeste. O responsável também apresentou certificados emitidos pelo IBER comprovando que o volume reciclado supera ao acordo setorial.

Segundo o sócio-diretor a empresa tem dedicado esforços para melhorar o processo de LR e aumentar o valor coletado, pois eles têm interesse na aquisição das baterias exauridas, evitando assim a compra de chumbo importado, além de gerar material excedente para a produção de outros produtos e possibilitar novas oportunidades no mercado.

De acordo com o gerente de produção, a empresa optou por continuar realizando o processo de reciclagem das baterias em empresas terceirizadas, principalmente devido aos altos

investimentos necessários e a complexidade em conseguir licenças ambientais para este tipo de operação.

O sócio-diretor complementou afirmando que a empresa sempre deu preferência para a compra do chumbo secundário, não somente pelos benefícios ambientais, mas principalmente porque reduz a complexidade de aquisição do chumbo importado. Segundo o gerente de produção, o processo de importação hoje é mais simples, mas mesmo assim está sujeito ao longo *lead time* entre a encomenda e o recebimento, bem como a variações cambiais e ao preço do chumbo na bolsa de valores de Londres.

5.2.1.2 Leis, normas e regulamentos

O sócio-diretor informou que a empresa conta com uma equipe dedicada para monitoramento e controle de todos os requisitos legais e gerenciamento das atividades ambientais na empresa. O supervisor de controle ambiental apresentou diversos documentos, entre eles as licenças de operação, relatórios internos e externos que comprovam o atendimento legal. Também apresentou documentos sobre as empresas contratadas para fazer a reciclagem de baterias, comprovando que só trabalham com empresas homologadas.

Também foi destacado pelo supervisor de controle ambiental que a empresa é muito consciente em relação as baterias automotivas esgotadas energicamente e o grave problema ambiental que pode ocorrer se forem descartadas de forma incorreta. Desta forma, segundo ele, na medida em que as disposições contidas na Resolução CONAMA Nº 401 são observadas é possível validar que o descarte feito de forma correta é tecnicamente seguro e evita riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

5.2.1.3 Contaminação do meio ambiente

O sócio diretor informou que a empresa investiu nos últimos anos para modernizar seus processos produtivos e com isso reduziu os níveis de contaminação ambiental. Destacou o alto investimento realizado com as novas linhas de montagem, que permitem menor exposição dos funcionários com o chumbo, a modernização do sistema de captação de ar nas chaminés, a instalação de bacias de água para captação de pó nas linhas de produção, nova área para o processo de reciclagem de plásticos (que estão contaminados com chumbo), nova área para recebimento e armazenagem do chumbo e investimentos em novos equipamentos de controle

do ar através de jarros de poeira sedimentada. Estes investimentos puderam ser confirmados *in loco* durante a visita às instalações fabris.

Segundo o gerente de produção, as diversas legislações nacionais fizeram com que o ambiente precisasse ser mais bem controlado e com isso foi reduzido a livre circulação de chumbo entre empresas e mercado paralelo. Também se reduziu o descarte em aterros sanitários e ferros velhos e criou-se um melhor gerenciamento com os distribuidores e recicladoras. Com estas ações o gerente de produção entende que os riscos ambientais e com a sociedade foram drasticamente reduzidos, no entanto, o monitoramento e as práticas de melhoria contínua ainda se fazem necessárias.

De acordo com o supervisor do controle ambiental a empresa realiza todos os monitoramentos ambientais com equipamentos modernos de controle da poluição, além disso as análises ambientais são realizadas por laboratórios certificados pela ABNT e acreditados pelo INMETRO. Segundo ele, a empresa é obrigada a analisar e controlar o efluente industrial e doméstico, as emissões nas chaminés, jarros de poeira sedimentada, solo, vegetação, água para consumo humano, água do poço de monitoramento e caldeira a gás. A frequência de controle de cada item é determinada pela CETESB, e ela também monitora os resultados. Como exemplo ele citou que a análise de chaminé e dos jarros de poeira são avaliados semanalmente; o controle da água é feito mensalmente e o solo é avaliado em intervalos maiores, podendo ser anual.

Foi apresentado diversos laudos, internos e externos, que comprovam o atendimento às legislações nacionais com relação ao controle atmosférico, controle de contaminação do solo e controle da qualidade da água e efluentes. Também foi apresentado o planejamento para os próximos meses.

O sócio diretor informou que a empresa é certificada pelo ISO 9000 há mais de 15 anos e continua seus investimentos para conquistar novas certificações e em especial a ISO 14000, norma que certificará a qualidade do sistema de gestão ambiental, garantindo assim que seus processos estejam atendendo os requisitos ambientais e de sustentabilidade.

Questionado sobre o que falta para obter a ISO 14000 ele informou que a empresa ainda precisa investir na área de estocagem e refino do chumbo, as quais não atendem todas as normas vigentes. Um planejamento para liquidar estes pontos foi apresentado e os investimentos necessários estão planejados para os próximos três anos.

5.2.1.4 Produção e reciclagem de baterias

O supervisor de controle ambiental apresentou uma lista dos principais riscos e perigos identificados em seu processo produtivo, porém para alguns riscos não existia a indicação de um plano de contingência formal ou estavam com os prazos vencidos. Questionado sobre qual procedimento deveria ser adotado pelos funcionários caso aquele risco acontecesse, o supervisor informou que o relatório estava desatualizado e que para a maioria dos casos os funcionários envolvidos estavam treinados e as medidas de contingência implantadas.

De acordo com o supervisor, existe reuniões gerenciais periódicas para discussão dos riscos e perigos, com revisão constante dos planos de ação e que na próxima reunião o plano de ação seria atualizado. As ações que necessitam de investimento, ou despesas além do planejado, são levadas para a diretoria para que seja feito a provisão orçamentária.

De acordo com o gerente de produção, os times operacionais são instruídos semanalmente sobre os riscos e perigos através de diálogos de segurança. Além disto, a empresa tem um programa de treinamento anual sobre os aspectos, riscos e perigos da operação com o chumbo. Periodicamente a empresa também realiza campanhas internas especificas e divulga matérias e resultados em suas revistas de circulação interna. Desta forma, segundo o gerente, estas práticas, associadas ao correto uso de EPIs e medidas de contenção da poluição, garantem um ambiente seguro e com baixo risco para seus funcionários.

Como a reciclagem é realizada por terceiros, não foi detalhado pelos entrevistados os cuidados no gerenciamento de riscos e perigos deste processo, no entanto foi ressaltado que a empresa só utiliza fornecedores homologados.

O supervisor de controle ambiental ressaltou que a empresa também elabora e distribui material de divulgação sobre os riscos e perigos para os distribuidores e lojistas.

Com relação ao processo de fundição do chumbo, o gerente de produção confirmou que o processo atual é o pirometalúrgico. Segundo ele a empresa já tomou conhecimento de outros processos produtivos, mas que não existe nenhuma previsão de substituição, principalmente pelo alto investimento necessário e o longo tempo para ter um retorno financeiro. Ainda, segundo o gerente, o processo atual é bastante eficiente e seguro.

O forno em operação dentro do processo produtivo recebeu uma manutenção preventiva de grandes proporções em 2018. Para o forno que refina o chumbo recebido das recicladoras,

transformando em lingotes menores e com a composição química adequada, está planejado uma intervenção no próximo ano para atender a todas as demandas da ISO 14000.

5.2.2 Variáveis sociais

O sócio diretor informou que a responsabilidade social faz parte da missão e dos valores da empresa, conforme consta em sua definição: *"A missão da empresa é produzir com qualidade, buscando diariamente aperfeiçoamento tecnológico e total satisfação do cliente, atuando com a certeza de que este objetivo só será alcançado com a participação e valorização do ser humano. Tem como valores a valorização do ser humano, respeitando o meio ambiente e à comunidade. "*

De acordo com o supervisor de controle ambiental, a empresa tem diversas iniciativas junto à sociedade local, como atividades de recreação, treinamentos de curta duração e apoio financeiro para cursos técnicos e de nível superior, buscando apoiar o desenvolvimento da região e dos moradores. Salienta também que entre as prioridades da empresa está o cuidado com a saúde de seus funcionários.

5.2.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade

O sócio diretor afirmou que a missão da empresa só será alcançada com a participação e valorização do ser humano, portanto, medidas para salvaguardar todos os funcionários e a comunidade próxima à empresa são fundamentais e fazem parte do planejamento estratégico.

O gerente de produção explicou que a empresa tem um planejamento para realizar exames médicos periódicos em todos os funcionários. A frequência dos exames é variável dependendo da função de cada funcionário, ou a pedido do médico do trabalho, mas de forma geral é anual para trabalhadores administrativos e operativos com pouca exposição aos compostos das baterias. Para os funcionários com maior exposição, os exames toxicológicos são realizados semestralmente. Atenção especial é dado para as equipes que trabalham no refino do chumbo, onde o rodízio de funcionários é uma prática adotada para reduzir o tempo de exposição e para estes funcionários os exames são realizados mensalmente.

Os resultados dos exames não foram apresentados pois ficam em poder do departamento médico externo, mas foi informado pelo supervisor de controle ambiental que os resultados têm

melhorado continuamente. Foi afirmado pelo gerente de produção que com os novos investimentos realizados nas linhas de produção e no sistema de filtragem do ar, a tendência é de reduzir substancialmente os níveis de chumbo no sangue dos funcionários e gerar um menor risco de contaminação das comunidades vizinhas.

Com relação aos acidentes de trabalho, foi informado pelo gerente de produção que todos os acidentes são classificados pela sua gravidade e se houve afastamento do trabalho, bem como a duração. Segundo ele, as taxas de acidentes, bem como a gravidade, normalmente são baixas. Foi apresentado os indicadores e pode-se observar que os resultados estão melhores nos últimos anos, com uma redução superior a 10% entre 2018 e 2019. Durante a visita na fábrica pode-se observar cartazes sobre segurança no trabalho, bem como o uso de EPIs por todos os funcionários.

Questionados sobre o monitoramento da saúde da comunidade próxima às instalações, o sócio-diretor afirmou que esta é sempre uma preocupação da comunidade, visto que a cidade já teve sérios problemas de contaminação por chumbo gerados por uma antiga empresa. No entanto, a empresa não promove a realização de exames de saúde à comunidade, cabendo isto aos órgãos públicos. Segundo ele, o papel da empresa é garantir que os níveis de contaminação ambiental sejam reduzidos ao extremo, atendendo, no mínimo, a legislação, e desta forma reduzindo o risco de qualquer tipo de exposição e contaminação.

O supervisor de controle ambiental reforçou que os indicadores de contaminação interna são bastante positivos e que por consequência as taxas de chumbo no ambiente externo são ainda menores, e, portanto, com baixo risco de qualquer tipo de contaminação.

5.2.2.2 Gestão da sociedade local

De acordo com o supervisor de controle ambiental, a empresa está localizada em uma cidade que já sofreu muito com a contaminação e poluição oriunda do chumbo, devido à imprudência e mal gerenciamento ambiental de uma outra empresa, também produtora de baterias. Esta empresa teve suas operações paralisadas pela justiça em 2002, e na sequência abriu falência. Desta forma, a empresa acaba sofrendo uma certa pressão da sociedade e políticos locais, para demonstrar continuamente que os riscos são bem controlados e gerenciados.

O sócio-diretor reforçou que independente destes fatores, a empresa tem claro conhecimento das suas responsabilidades e sempre se preocupou com as áreas e pessoas que vivem nas suas proximidades. O controle ambiental (solo, água e ar) das regiões próximas da empresa fazem parte da rotina de inspeção e os resultados apresentados são bastante satisfatórios, atendendo as normas.

De acordo com o supervisor a empresa também oferece projetos sociais, como eventos no dia das crianças ou no final do ano, proporcionando aos moradores da comunidade acesso a programas de recreação, treinamentos de curta duração, palestras, oportunidade de acesso a parceiros de negócio como escolas, médicos, prestadores de serviços etc. De forma rotineira a empresa também apoia projetos e formação profissional nas faculdades da região, e sempre que possível contrata esta mão de obra para sua operação.

5.2.2.3 Análise de riscos e perigos

De acordo com o sócio-diretor, a empresa investe continuamente no aperfeiçoamento de seus processos produtivos e monitoramento dos riscos e perigos envolvidos na produção. Além disto fornece todos os EPIs necessários para proteger a saúde dos funcionários.

Durante a visita, também foi observado diversas práticas para segregação dos componentes fabricados através do chumbo, sendo que a manipulação era feita de forma automatizada em boa parte do processo. O ponto mais crítico é na produção das placas positivas e negativas, que apesar de terem o processo de empastamento automatizado, na sequência são armazenadas em local não protegido. Segundo o supervisor este processo é muito antigo e o tempo que as peças ficam lá armazenadas é pequeno, além disso é obrigatório o uso de mascaras naquele local.

Nas áreas reservadas para trabalhos em grupo ou em áreas de pausa, foi observado quadros contendo informações importantes sobre o uso correto dos EPIs, sobre os riscos de contaminação, a importância da lavagem constante das mãos, bem como orientação de como proceder em caso de qualquer anormalidade.

De acordo com o gerente de produção, nenhum novo funcionário começa a operar antes de estar 100% apto ao posto de trabalho e ter bons conhecimentos dos riscos com o chumbo e com outros produtos. Foi apresentado uma matriz de qualificação mostrando em quais postos de trabalho o funcionário estava habilitado a trabalhar.

Segundo o supervisor de controle ambiental existe uma pratica anual de reciclagem e atualização para todos os funcionários, mas não foi apresentado um cronograma ou planejamento formal. Segundo ele a empresa também utiliza diálogos diários de segurança, que abordam inúmeros temas, mas ênfase é dada para o contato com o chumbo e com o controle ambiental. Também foi destacado o treinamento dado a todos os motoristas da empresa sobre os riscos envolvidos em caso de algum acidente rodoviário.

5.2.3 Variáveis econômicas

Segundo o sócio-diretor o negócio de fabricação de baterias de chumbo-ácido no Brasil e em muitos outros países ainda é promissor, visto que existe capacidade para aumentar a frota de veículos automotivos, comerciais e de duas rodas. Aumentando a frota em circulação, consequentemente aumenta a demanda por baterias de reposição, visto que é uma peça com vida útil limitada. Por outro lado, houve um aumento na quantidade de fornecedores e de marcas no mercado de reposição, o que deixou o mercado ainda mais competitivo, principalmente porque alguns pequenos fabricantes oferecem produtos com uma qualidade inferior, mas claro, que com preços mais competitivos. No Brasil uma parcela mais carente da população tende a procurar por preço e não por qualidade.

Ainda de acordo com o sócio-diretor, a empresa busca continuamente aprimorar seus processos produtivos e comerciais, visando reduzir os custos e ser mais competitiva no mercado, gerando assim melhores resultados. A retração do País nos últimos anos afetou o volume de produção e fez a empresa reduzir a quantidade de funcionários, além de outras medidas de redução de custo, mas sempre sem abrir mão da segurança e da qualidade.

Para os próximos anos a empresa aportara maiores investimentos no segmento de duas rodas, visto que o mercado é crescente e os resultados operacionais e financeiros são melhores.

Por questões estratégicas e confidencias, não foi aberto e discutido detalhes financeiros e sobre o resultado da empresa.

5.2.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC

O sócio-diretor afirmou que o processo do CLSC normalmente traz um resultado positivo para a empresa, embora o gerenciamento do mesmo seja muito caro e complexo.

Segundo ele o resultado econômico depende de uma série de fatores, entre outros, como o valor do chumbo no mercado internacional, os volumes de baterias comercializados no mercado de reposição, a demanda e capacidade de reciclagem dos prestadores de serviço, os custos envolvidos no transporte, custos envolvidos no processo de reciclagem, e principalmente com os volumes coletados nos distribuidores e varejistas.

Também foi comentado que o fato do processo de reciclagem ser terceirizado traz algumas vantagens para a empresa, pois apesar de ter um custo variável maior por quilo reciclado, a empresa não arca com custos fixos em momento de baixa demanda e tão pouco precisa investir em equipamentos, manutenção e cuidado ambientais, fatores que são extremamente sensíveis no processo de reciclagem de chumbo.

O supervisor de controle ambiental reforçou que apesar das dificuldades e custos envolvidos em todo o processo, a empresa precisa cumprir as legislações para manter a operação e, portanto, eventuais resultados negativos com o processo fazem parte do negócio e assim estão contabilizados.

O gerente de produção também comentou que a empresa tem um pequeno segmento produtivo de lacres e outros pequenos itens, e, portanto, o ideal seria sempre coletar mais baterias do que o volume vendido, gerando assim sobra de matéria-prima para estes itens. Estes demais itens tem uma baixa demanda técnica e um resultado financeiro bastante positivo, o que contribui para o resultado final da empresa.

5.2.3.2 Processo de reciclagem

Segundo o gerente industrial, o processo de reciclagem sempre foi terceirizado, no entanto, a empresa é responsável por todo processo da LR, fazendo a coleta das baterias inservíveis nos distribuidores, lojistas e grandes clientes e entregando a sucata nas empresas conveniadas para realizar a reciclagem. A posteriori o chumbo secundário e o plástico triturado são coletados e transportados para sua unidade produtiva. Todo o fluxo logístico é de responsabilidade do fabricante, cabendo a empresa de reciclagem realizar apenas o processo de moagem das baterias e segregação dos materiais.

Segundo o sócio-diretor, no passado já houve interesse e projeto para internalizar o processo de reciclagem, mas os altos custos envolvidos com o desenvolvimento e com a

manutenção, além das dificuldades de se conseguir um alvará, fizeram a empresa mudar os planos estratégicos e decidir pela continuidade com a terceirização.

A empresa utiliza, normalmente, 3 recicladoras, em diferentes estados, e todas usam o mesmo processo de reciclagem, desde o recebimento das baterias até a entrega dos materiais (chumbo e plástico). Para a fundição do chumbo todas as empresas utilizam o processo pirometalúrgico, mas segundo o gerente industrial esta é uma opção e decisão de cada empresa e eles não fazem nenhum tipo de intervenção. O único requisito é que as empresas continuem tendo seu alvará de funcionamento válido.

5.2.3.3 Plano de incentivo

O sócio-diretor informou que a empresa oferece tabelas comerciais diferentes de acordo com o percentual de sucata recolhida, prestigiando os distribuidores e lojistas com melhor performance. A ideia é usar esta política para alavancar a taxa de coleta, possibilitando que o lojista tenha uma melhor margem de negociação com cliente final, se o mesmo concordar na devolução da sucata. No entanto, segundo ele, somente isto não é mais suficiente para garantir a venda e a devolução da sucata, pois o mercado está extremamente competitivo e a maioria dos clientes não se importa com o apelo ambiental e foca apenas na questão financeira.

O sócio-diretor reforça que a empresa continua usando sua política comercial visando comprar sucata acima dos índices acordados com o governo, eliminando a necessidade da importação de chumbo, e criando a possibilidade de aumentar seus negócios com outros produtos derivados do chumbo.

Também foi comentado pelos entrevistados, que a empresa investe em campanhas publicitárias e treinamentos sobre os riscos de contaminação, caso a bateria seja descartada de forma inapropriada.

O sócio-diretor concluiu afirmando que uma participação mais efetiva do governo contribuiria para aumentar as taxas de retorno das baterias inservíveis, mas reconhece que ações recentes do Ministério do Meio Ambiente, como a aprovação do Acordo Setorial, irão impulsionar o processo de logística reversa e consequentemente aumentar os índices de reciclagem e recuperação do chumbo.

5.2.3.4 Penalizações

O supervisor de controle ambiental ressaltou que a empresa pode sofrer diferentes tipos de penalidades. Elas podem ser aplicadas caso algum índice de poluição, seja do solo, dos efluentes ou do ar, estejam acima dos limites permitidos. Outras sanções e penalidades são estipuladas no caso da não recuperação das baterias exauridas, através do processo de LR e reciclagem.

Segundo ele estas penalizações podem variar em multas de diferentes valores e chegar, nos casos mais críticos, até o fechamento da empresa.

Com relação a seus clientes, o supervisor explicou que havendo um descompasso contínuo entre entrega de bateria nova e devolução de sucata, os mesmos terão, em um primeiro momento, uma política comercial menos favorável nas novas compras. Se o delta persistir por muito tempo outras medidas, como bloqueio para novos negócios pode ser realizado, mas ele enfatizou que nenhum dos dois lados tem interesse nisto e buscam uma solução de forma rápida. Exceção a isto pode ser dada à algumas cidades muito distantes, em especial nas regiões Norte e Nordeste, onde de fato a empresa não consegue atingir as metas locais, sendo esta falta compensada por outras regiões.

O sócio-diretor também fez críticas à falta de fiscalização em empresas de menor porte, tornando assim a competição no mercado injusta e gerando piores resultados econômicos, tanto para os principais fabricantes como para o próprio governo.

5.3 RECICLADORAS

5.3.1 Variáveis ambientais

O gerente de produção da recicladora 1 informou que o processo de reciclagem de baterias é simples do ponto de vista técnico, e que a maior dificuldade está realmente no atendimento as legislações ambientais e no controle dos custos. A empresa zela, desde o início de suas operações, ainda como fabricante de baterias, pelos cuidados ambientais, principalmente aos relacionados com chumbo. Foi apresentado pelo coordenador de meio ambiente uma diretriz interna que descreve os principais cuidados ambientais que deve ser seguido por todos os funcionários.

O coordenador geral da recicladora 2 e o assistente de sustentabilidade afirmaram que, apesar da empresa ser de pequeno porte e com baixos investimentos, o tema da sustentabilidade sempre foi uma das prioridades.

O coordenador de meio ambiente comentou que é prática fazer reuniões com todos os funcionários para explicar e relembrá-los dos riscos ambientais envolvidos no processo e também da responsabilidade da empresa. Foi apresentado uma pasta com todos os registros.

5.3.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário

Ambas as empresas, através do gerente de produção e do coordenador geral, afirmaram que recebem as baterias exauridas de seus clientes e que fazem o controle por tonelada recebida. O compromisso de ambas é devolver cerca de 65% do peso em lingotes de chumbo bica. Este percentual reflete a parcela de chumbo médio que contém nas baterias, descontado a perda natural que ocorre durante o processo de fundição, além dos demais materiais da sua composição, como plástico, ácido, papel etc.

Eles também afirmam que não vendem lingotes de chumbo para terceiros, portanto todo o material reciclado é retornado para os fabricantes. Com relação aos demais materiais reciclados, por exemplo o plástico e a solução ácida, cada empresa atende os requisitos dos fabricantes, podendo ser devolvidos para reciclagem ou então vendidos diretamente para outras empresas recicladoras ou consumidoras.

5.3.1.2 Leis, normas e regulamentos

O coordenador de meio ambiente da recicladora 1 informou que a empresa atende todos os requisitos legais para realizar a operação de reciclagem de baterias e que periodicamente recebem visita de órgãos fiscalizadores. Além disto a empresa fornece anualmente relatórios para os órgãos competentes sobre seu desempenho ambiental. Foi apresentado o alvará de funcionamento e cópia de relatórios enviados à Secretaria de Meio Ambiente do estado de Goiás.

O assistente de sustentabilidade da recicladora 2 informou que a empresa está autorizada a realizar o processo de reciclagem de baterias e fundição do chumbo e que a empresa envia os relatórios necessários para as secretárias de meio ambiente conforme legislação. O assistente

não concordou em apresentar cópia da documentação, pois para isto ele precisava de autorização do proprietário e o mesmo estava em viagem internacional.

5.3.1.3 Contaminação do meio ambiente

O gerente de produção da recicladora 1 comentou que a maior dificuldade no processo de reciclagem de baterias de chumbo-ácido está relacionada aos cuidados ambientais necessários, pois a bateria é composta de produtos bastante poluentes e o processo produtivo é muito antigo.

Segundo ele os investimentos para modernizar o processo são elevados e a depreciação dos equipamentos é muito rápida, dado o contato com o ácido sulfúrico. Desta forma a empresa tem em seu planejamento orçamentário uma reserva suficiente para manutenção dos equipamentos produtivos e de controle ambiental. Ele ainda complementou informando que a manutenção nos períodos corretos é fundamental, caso contrário poderá comprometer a produtividade e os resultados ambientais, pois aumentará os riscos de contaminação do solo, da água e do ar.

O coordenador de meio ambiente da recicladora 1 explicou as iniciativas adotadas para reduzir a contaminação ambiental, destacando-se a impermeabilização do solo no local onde estão instalados as máquinas, o uso de filtros nas chaminés dos fornos de fundição e o tratamento de 100% da água consumida no processo. Ainda segundo ele, a empresa faz o controle ambiental seguindo as normas e a periodicidade indicada pelos órgãos reguladores. Estes controles atingem emissões atmosféricas, contaminação do solo e da água. Foi apresentado por ele alguns relatórios internos. Foi observado que a maioria dos indicadores estavam dentro dos padrões exigidos, mas pontualmente alguns resultados estavam acima do limite. Questionados sobre o porquê e quais as medidas tomadas nestes casos, o coordenador informou que seus controles internos são um pouco mais rigorosos do que a legislação e que em caso de desvios são realizados os ajustes no processo produtivo ou manutenção em equipamentos de controle, em especial na limpeza e troca dos filtros das chaminés.

A empresa não tem certificação ISO 14000 e o gerente de produção disse que o investimento necessário para atender todos os requisitos da norma é muito alto, mas entendem que a certificação será fundamental nos próximos anos e estão trabalhando e investindo para a obtenção.

O coordenador geral da recicladora 2 informou que a empresa tem diversos controles ambientais, que atendem tanto a contaminação do ar, do solo e das águas. Segundo ele atender todas as exigências é bastante difícil, pois se por um lado existem novas tecnologias, equipamentos, filtros etc., por outro lado a crise dos últimos anos, com menores volumes de reciclagem, fez com que a empresa reduzisse seus investimentos e também as manutenções.

De acordo com o assistente de sustentabilidade da recicladora 2, mesmo com a redução nos investimentos, os controles periódicos ainda estão dentro de um patamar aceitável e dentro das normas, na grande maioria das vezes. O maior problema, segundo o assistente, é que algumas manutenções estão sendo realizadas apenas quando os indicadores estão no limite, o que aumenta o risco de contaminação.

Dentro dos indicadores apresentados foi observado que as taxas mais críticas estão na emissão atmosférica e foi explicado pelo assistente que isto ocorre exatamente pela postergação da troca dos filtros.

O coordenador geral da recicladora 2 informou que o plano de investimentos e manutenção para 2020 tem uma maior reserva orçamentária, prevendo substituição dos filtros com maior frequência e também investimentos na recuperação e nova impermeabilização do solo no local onde são reciclados os materiais plásticos.

A empresa também não tem a certificação ISO 14000 e segundo o coordenador geral a empresa não tem planos de obter a mesma nos próximos anos, pois o investimento necessário para cumprir 100% dos requisitos é extremamente elevado e inviabiliza os negócios atuais. Segundo ele isto não significa que a empresa não esteja preocupada com o meio ambiente, apenas a norma estabelece padrões e processos que são difíceis de serem seguidas por empresas de pequeno porte.

Ele ressaltou que diariamente são tomadas todas as providencias necessárias para atender os requisitos mínimos dos órgãos competentes e minimizar ao máximo a contaminação ambiental e que com a recuperação do mercado novos investimentos serão realizados.

5.3.1.4 Produção e reciclagem de baterias

O coordenador de meio ambiente da recicladora 1 salientou que riscos ambientais em um processo de reciclagem de baterias de chumbo são altos, devido à natureza do processo e da composição química das baterias. Os riscos são diversos, seja na quebra das baterias, na

reciclagem do plástico ou na recuperação do chumbo. Os principais riscos estão associados com o vazamento da solução ácida e com a emissão atmosférica de pó de chumbo.

Segundo ele a empresa aplica uma série de procedimentos que minimizam todos os riscos ambientais e investem continuamente na manutenção dos equipamentos, o que mitiga muito o risco de contaminação do solo, ar e efluentes. Questionado se existe uma matriz destes riscos, com respectivos planos de ação para eliminação ou mitigação, ele informou que não tinha nada de forma padronizada.

Outro ponto muito importante, segundo o gerente de produção da recicladora 1, é que todos os funcionários precisam conhecer, entender e atuar sobre os riscos e perigos existentes no processo de reciclagem, pois eles, além de estarem diretamente expostos aos riscos, são os primeiros que podem detectar qualquer tipo de falha e atuar na contingência. Para que isto ocorra a empresa treina continuamente todos os funcionários e aplica diálogos de segurança semanalmente. Diversos exemplos foram apresentados pelo coordenador.

Com relação ao processo de fundição, o gerente de produção da recicladora 1 informou que o único processo que ele tem experiência é com o pirometalúrgico e que outros processos ele conhece apenas em teoria. Pelo conhecimento dele todas as empresas, que fazem fundição de chumbo, utilizam este processo. Segundo ele a empresa não tem nenhum planejamento de estudar outros processos, principalmente porque certamente será necessário alto investimento, os quais a empresa não tem condições de absorver atualmente.

O coordenador geral da recicladora 2 se mostrou um pouco desconfortável com este tema e disse que a empresa conhece os riscos e que trabalha para sempre atender as normas, preservando o meio ambiente e saúde de seus funcionários.

Questionado de como a empresa faz a gestão dos riscos envolvidos e se existe um plano de ação para, ao menos, mitigar os riscos com maior probabilidade de ocorrer o coordenador informou que a empresa está no ramo há muitos anos e que todos os envolvidos sabem o que fazer em caso de qualquer tipo de problema. Para reforçar o conhecimento de todos os funcionários, segundo o assistente de sustentabilidade, ele conversa rotineiramente com todos e desenvolve folhetos orientativo, que depois de apresentados, ficam expostos nas áreas comuns.

Foi comentado, pelo assistente de sustentabilidade da recicladora 2, que um processo crítico é a lavagem da sucata das caixas plásticas, pois estão contaminadas com o ácido e com

o chumbo, e que é comum respingar no solo. Neste local é necessário fazer uma nova impermeabilização do solo.

Com relação ao processo pirometalúrgico ambos os entrevistados da recicladora 2 disseram não conhecer outro processo e que este é bastante seguro, desde que as manutenções nos exaustores sejam feitas com a frequência correta e que utilizem filtros de boa qualidade. Foi apresentado um plano de manutenção para os próximos meses, mas foi ressaltado que a periodicidade pode mudar de acordo com o volume produzido e com os índices coletados nas chaminés.

5.3.2 Variáveis sociais

As duas empresas recicladoras avaliadas são de pequeno porte e basicamente focam suas atribuições sociais em seus funcionários, não dedicando muitos esforços para a comunidade local, com exceção de apoio à formação de jovens aprendizes, além claro de proteger a comunidade dos riscos de contaminação e gerar empregos diretos.

5.3.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade

O gerente de produção da recicladora 1 informou que a empresa realiza o monitoramento da saúde de todos os funcionários através da realização de exames periódicos de saúde, conforme estabelece a CLT. Foi apresentado um cronograma para a realização da consulta médica e dos exames laboratoriais, todos realizados fora da empresa.

Os resultados dos exames não foram apresentados, no entanto o gerente da recicladora 1 afirma que os índices são bastante positivos e que algumas medidas tomadas nos últimos anos, como renovação do processo de filtragem do alto forno e rodízio de funcionários em operações mais críticas contribuíram com a saúde dos funcionários e indiretamente também da comunidade. No entanto ele comentou que é evidente que quanto mais tempo de empresa o funcionário tem, pior são os índices de contaminação no sangue, o que comprova que a exposição ao chumbo, por menor que seja, traz prejuízos acumulativos à saúde de todos.

Ainda segundo o gerente, todos os funcionários são capacitados para realizar suas tarefas e todos têm equipamentos de proteção individual adequados a cada tarefa. O que também contribui para o baixo índice de acidentes no processo produtivo.

Foi apresentado um controle dos acidentes ocorridos no primeiro semestre de 2019, no total de 11 acidentes, sendo todos de baixa gravidade e concentrado nas mãos. Segundo o gerente quase todos são gerados em atividades manuais e muitas vezes por puro descuido do funcionário. A empresa tem anualmente campanhas de prevenção de acidentes, normalmente com a participação de parceiros externos, como escolas, centros profissionalizantes, convênios médicos etc.

Foi apresentado pelo coordenador de meio ambiente da recicladora 1 alguns relatórios que são explicados para todos os funcionários em reuniões periódicas de segurança. Segundo ele todos os acidentes são reportados para que sirvam de exemplo dos cuidados que precisam ser tomados diariamente.

Com relação ao monitoramento da saúde da comunidade próxima, o gerente de produção da recicladora 1 disse que a empresa não tem nenhum programa específico para isto e que apenas trabalha constantemente para atender todos os requisitos legais sobre os níveis de poluição e desta forma garantir que a comunidade que mora próximo da empresa não seja afetada.

O coordenador de produção da recicladora 2 informou que a empresa realiza exames periódicos de saúde anualmente e que apesar dele estar na empresa há muitos anos, e trabalhando muito próximo a operação, os seus níveis de contaminação por chumbo sempre estiveram abaixo do limite especificado. Ele não soube informar se existem casos que estejam fora do nível aceitável e afirmou que este tema era de conhecimento apenas do dono da empresa e dos responsáveis pela área de recursos humanos.

O assistente de sustentabilidade da recicladora 2 também informou que seus resultados são bons e que não tem conhecimento que na empresa haja algum funcionário em situação crítica, tão pouco já viu alguém ser afastado das atividades normais por este motivo.

Com relação a acidentes, foi informado pelo coordenador de produção da recicladora 2 que o volume é baixo e que normalmente são de baixa gravidade, como pequenas lesões nas mãos. Ele informou que toda semana, antes de iniciar a operação, ele faz uma pequena palestra sobre segurança, reforçando principalmente a necessidade de uso de EPIs, os riscos inerentes ao manuseio com o chumbo e solução ácida e a necessidade de cumprirem os procedimentos operacionais. O material apresentado fica exposto nas áreas de pausa e café.

Indagado se a empresa tem algum procedimento para monitorar a saúde da comunidade local, o gerente geral informou que a empresa está em uma região afastada e que poucas pessoas moram nas proximidades e que nenhuma ação é realizada com eles.

5.3.2.2 Gestão da sociedade local

De acordo com o gerente de produção da recicladora 1, a empresa tem projetos sociais internos, mas o foco é com a saúde e treinamento de seus funcionários. Segundo ele a empresa também mantém convênios com entidades da região para apoiar na formação profissional de adolescentes. Ele complementou informando que a empresa doa, mensalmente, uma cesta básica para todos os funcionários.

Segundo o coordenador de meio ambiente da recicladora 1 as medidas tomadas para reduzir os índices de contaminação afetam positivamente a comunidade local, pois elas preservam o meio ambiente e não comprometem a saúde das comunidades que residem próximo à empresa.

O coordenador geral da recicladora 2, informou que no passado a empresa investia mais em campanhas sociais junto à comunidade local, mas que atualmente tem se limitado a campanhas especificas, por exemplo apoio na formação de jovens aprendizes e campanhas de conscientização ambiental. Ele entende que a redução nas atividades ocorreu devido à redução no volume de produção.

O coordenador geral da recicladora 2 informou que realmente o resultado financeiro da empresa estava comprometido devido aos menores volumes produzidos e ao aumento de diversos custos, e como medida de contenção diversas atividades foram eliminadas, entre estas diversas atividades sociais.

5.3.2.3 Análise de riscos e perigos

O gerente de produção da recicladora 1 informou que existe uma análise detalhada sobre os riscos e perigos existentes no processo produtivo, e que esta análise foi realizada com a participação de diferentes áreas. No entanto ele informou que esta atividade foi realizada a cerca de 3 anos e que não foi atualizada, principalmente porque não houve alterações significativas no processo produtivo. Indagado como os novos funcionários são informados sobre os riscos

oriundos do processo, ele informou que faz parte do processo de integração do novo funcionário, além do treinamento dado antes de iniciar a operação.

O gerente não apresentou nenhuma evidência sobre este tema e alegou que o responsável não estava na empresa no dia da entrevista.

O coordenador de meio ambiente da recicladora 2 informou que todos os funcionários são treinados sobre os riscos de contato com o chumbo, sendo que estes treinamentos são feitos no momento da integração, são discutidos periodicamente nas reuniões de grupos e diálogos de segurança. Foi apresentado lista de assinatura de um diálogo de segurança que abordava o tema de contato do chumbo com a pele.

5.3.3 Variáveis econômicas

Segundo o gerente de produção da recicladora 1, em 1994, após a implantação do plano Real, a atividade de montagem de baterias teve seus custos afetados e após experimentar um período de resultados negativos, a empresa optou pela desativação da atividade de montagem de bateria em 1996. De 1997 em diante a empresa se dedicou exclusivamente na reciclagem de sucata de baterias, transformando essa matéria-prima em chumbo recuperado em barras, atividades que prevalece até o momento.

Ainda segundo o gerente de produção, a empresa tem uma sólida estrutura administrativa e técnica que gerenciam os resultados financeiros da organização. De acordo com ele, mesmo com a crise dos últimos anos, o mercado de reciclagem não foi afetado drasticamente, havendo uma redução de cerca de 10%. Mesmo assim, a empresa precisou fazer ajustes internos e reduzir a quantidade de funcionários para atender a atual demanda.

O coordenador da recicladora 2, reforçou que a crise atual afetaria mais os volumes de produção se não houvesse uma contrapartida dos fabricantes em aumentar o percentual de baterias recicladas. Mesmo assim, segundo o coordenador, o resultado financeiro da empresa tem sido diretamente afetado nos últimos anos pelo aumento nos custos de produção, por exemplo os aumentos na conta de luz, água e salários. Estes aumentos não foram repassados na integra para os clientes e com isso a margem de contribuição da tonelada de bateria reciclada foi bastante afetado. Para minimizar estes impactos a empresa precisou tomar algumas providencias como reduzir o quadro de funcionários, postergar investimentos e rever todo o processo produtivo e administrativo.

5.3.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC

Tanto o gerente de produção da recicladora 1, como o coordenador da recicladora 2, entendem que a tendência é que os volumes de baterias recicladas aumentem nos próximos anos, visto que o governo e órgãos ambientais tem exercido pressão nos fabricantes de baterias de chumbo para aumentarem as taxas coletadas após o término da vida útil das baterias.

Também comentou que não sabe se, isto é, de fato um bom negócio para os fabricantes, dado os custos de gestão e logísticos envolvidos, mas certamente é ótimo para as empresas de reciclagem, pois o resultado financeiro está diretamente associado ao volume reciclado.

O coordenador geral da recicladora 2 complementou dizendo que a empresa precisa melhorar seu processo produtivo, para ter maior produtividade e ser mais competitiva, mas que no momento atual novos investimentos estão suspensos. A preocupação é que com a degradação dos equipamentos, a produtividade tende a ser reduzida e os riscos ambientais aumentam e, portanto, é um ciclo perigoso para o futuro da empresa.

5.3.3.2 Processo de reciclagem

As duas recicladoras têm um processo produtivo muito semelhante. Ambas recebem as baterias exauridas de seus clientes e fazem parte do processo de reciclagem internamente.

Nenhuma das duas recicladoras reciclam o ácido sulfúrico. O mesmo é enviado para empresas especializadas neste tipo de processamento. Segundo o gerente de produção da recicladora 1, o processo de reciclagem do ácido não é muito complicado do ponto de vista técnico, mas necessita de investimentos elevados e as empresas especializadas têm a vantagem de reciclarem outros tipos de ácidos, óleos etc. o que garante um melhor retorno financeiro.

Com relação a reciclagem do plástico as duas recicladoras devolvem ao fabricante 2 os plásticos triturados. Segundo os entrevistados nenhuma das duas recicladoras tem o processo para reciclar o plástico.

Para a reciclagem do chumbo ambas as empresas utilizam o processo pirometalúrgico e devolvem o chumbo para o fabricante 2 em forma de lingotes de chumbo bica.

5.4 DISTRIBUIDORES E VAREJISTAS

5.4.1 Variáveis ambientais

O tema das variáveis ambientais mostraram ser uma das preocupações dos varejistas e distribuidores, mas certamente com menos intensidade do que o encontrado nas avaliações realizadas nos fabricantes e recicladores.

A principal responsabilidade deles neste tema, além dos cuidados com o manuseio e estocagem, é com o recolhimento das baterias exauridas, iniciando assim o processo de logística reversa.

Diversos entrevistados comentaram que o risco de uma contaminação ambiental dentro de sua loja é extremamente remoto, podendo ocorrer no máximo o vazamento da solução ácida, devido alguma bateria estar com a caixa plástica quebrada. Também foi afirmado por todos os entrevistados que não existe nenhum procedimento para que mexam no interior de uma bateria, portanto, o contato direto com o chumbo não ocorre.

Os entrevistados afirmaram que o maior risco ambiental está associado ao descarte inadequado feito pelos usuários, mas que está diminuindo constantemente em suas regiões, graças as campanhas realizadas e a política comercial praticada, oferecendo melhores preços no caso de troca.

5.4.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário

O gerente geral da distribuidora 1 explicou que a empresa comercializa apenas baterias de chumbo-ácido do fabricante 1 e que distribui baterias para mais de 200 varejistas, sejam eles lojas ou auto elétricos. Ele entende que os distribuidores, além dos varejistas, têm um papel fundamental no processo de LR, pois é através deles que as baterias inservíveis são recuperadas e consolidadas. Ele comentou que existe um compromisso de devolução para o fabricante de cerca de 80% da quantidade das baterias compradas, garantindo assim o cumprimento as regras do CONAMA Nº 401.

Segundo o coordenador da distribuidora 1, todo este fluxo e volume comercializado e retornado é controlado internamente pela área de vendas do fabricante. O controle de saldo, entre fabricante e distribuidor, é atualizado a cada movimentação, no entanto os volumes de entrega (baterias novas) e recolhimento (baterias inservíveis) não precisam ser exatos a cada

movimentação, mas sim a cada período. O gerente geral afirmou que está sujeito a penalidades financeiras e administrativas no caso de descumprimento do acordo.

Embora a distribuidora seja exclusiva do fabricante 1, eles aceitam receber baterias exauridas de qualquer fabricante nacional ou importado, desde que sejam de chumbo-ácido.

O proprietário da distribuidora 2 explicou que ele trabalha com multimarcas, ou seja, comercializa baterias de diferentes fabricantes e que também atende a mais de 120 pontos de entrega. Ele também afirmou que não faz restrição sobre a marca da bateria que esteja sendo devolvida e que também não segrega a sucata por marca.

Ainda segundo o proprietário, existe acordos diferenciados com cada fabricante, e segundo ele não há dúvidas que a exigência pelo retorno das baterias exauridas se dá mais intensamente com os maiores fabricantes, no entanto também é com estes que ele consegue negociar melhores preços e condições de pagamento, no caso de cumprimento das metas estabelecidas.

Ele também afirma que todos os fabricantes têm interesse em coletar as baterias exauridas, mas que a preparação na logística reversa e os controles são muito inferiores aos grandes produtores.

De forma macro, o assistente administrativo do distribuir 2 informou que consegue atender as taxas de devolução negociadas com os maiores fabricantes e que o saldo de baterias ele distribui entre os demais fabricantes, mas não quis entrar em detalhes dos critérios adotados para fazer esta distribuição.

Todos os entrevistados nos varejistas afirmam que sempre tentam convencer o cliente a fazer a compra da nova bateria em sistema de troca, portanto deixando na loja a bateria exaurida. Para isto eles, normalmente, oferecem descontos ou melhores formas de pagamento.

Segundo alguns vendedores entrevistados, na maioria dos casos, o cliente final não tem interesse em ficar com a bateria exaurida pois ela já não tem mais utilidade e o desconto motiva a devolução. O proprietário do varejista 1, reforçou que o cliente é orientado a fazer a troca, mas que ele não é obrigado a fazer a devolução e, portanto, o lojista pouco pode fazer se o cliente se recusar a fazer a devolução.

Os vendedores, dos varejistas 4, 5 e 6, comentaram que as baterias exauridas em alguns casos ainda podem ser usadas como acumuladores de energia para usos diversos, como acender

lâmpada, servir como fonte de alimentação elétrica para equipamento etc. e por esta razão alguns clientes preferem não realizar a troca.

A loja de menor porte, varejista 6, que vende basicamente baterias de fabricantes pequenos e sem grande representatividade, se mostrou a menos preparada sobre aspectos de sustentabilidade. Seu limite foi de informar que o recebimento das baterias exauridas deveria ajudar o meio ambiente, mas que sua maior preocupação era conseguir a bateria usada para revendê-la aos pequenos fabricantes e com isso melhorar o seu resultado financeiro. O vendedor apresentou um controle simples de baterias compradas versus baterias exauridas devolvidas ou vendidas para os fabricantes. Nestas planilhas chamou a atenção o fato de que o volume de entrega para um dos fabricantes era muito superior, com uma taxa de retorno maior que 200%, ou seja, para cada bateria comprada ele devolvia duas. Questionado o porquê deste alto índice de retorno, a explicação foi que este fornecedor oferecia um melhor preço para compra da sucata de bateria e, portanto, ele tinha prioridade.

De certa forma todas as lojas têm um controle de saldo de baterias compradas e devolvidas para cada fabricante. A taxa média, no primeiro semestre de 2019, para os dois fabricantes avaliados também oscilou bastante de acordo com a região, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Taxa média de retorno das baterias para os fabricantes analisados

Empresa	Estado	Cidade	Multimarca	Taxa de retorno	
				Fabricante 1	Fabricante 2
Distribuidor 1	SP	São Bernardo do Campo	Não	97%	-
Distribuidor 2	SP	São Paulo	Sim	92%	110%
Varejista 1	SP	Vinhedo	Sim	84%	85%
Varejista 2	SP	São Caetano do Sul	Sim	91%	93%
Varejista 3	RS	Porto Alegre	Sim	91%	88%
Varejista 4	RS	Caxias do Sul	Sim	83%	81%
Varejista 5	MG	Juiz de Fora	Sim	80%	80%
Varejista 6	RJ	Xerém	Sim	80%	85%

Fonte: Autor

Através das entrevistas ficou claro que as lojas priorizam a devolução para os principais fabricantes. As baterias exauridas que ainda sobram em sua posse são devolvidas para as demais empresas, priorizando aquelas que oferecem um melhor valor na negociação. Segundo os

vendedores dos varejistas 2, 3 e 5, estas são as únicas formas de devolver a bateria exaurida, pois nenhum deles comercializa as sucatas com cooperativas, ferros velhos, desmanches etc. e em hipótese alguma enviam para aterros sanitários.

O proprietário do varejista 2 está estabelecido no mesmo ponto comercial há mais de 35 anos e ele acompanhou todas as mudanças no processo de sustentabilidade e da logística reversa. Ele afirmou que o processo hoje, ambientalmente falando, é muito mais robusto e controlado. No passado a preocupação com a contaminação do chumbo era praticamente desconsiderada, sendo inclusive prática abrir baterias, na época com caixas não seladas, dentro da loja para tentar fazer a manutenção e troca das placas, e com poucas medidas preventivas.

5.4.1.2 Leis, normas e regulamentos

Basicamente para que uma empresa possa comercializar baterias de chumbo-ácido estando adequada à conformidade legal, a mesma precisa estar registrada na Junta Comercial, ter o CNPJ emitido pela Secretaria da Receita Federal, estar conectada a Caixa Econômica Federal para recolher o INSS e FGTS e, por fim ter o alvará de funcionamento emitido pelo corpo de bombeiros e vigilância sanitária local.

O gerente geral do distribuidor 1 e o proprietário do distribuidor 2, apresentaram alvará de funcionamento válido, comprovando que os estabelecimentos estavam aptos a operar e a comercializar baterias de chumbo-ácido. Também salientaram que as empresas estavam totalmente em conformidade com pagamento de impostos, recolhimento de fundo de garantia dos trabalhadores e outros tributos e exigências legais.

De forma geral todos os varejistas entrevistados afirmaram que as empresas tinham alvará para funcionamento e que estavam aptas e autorizadas a comercializarem baterias de chumbo-ácido. No entanto, apenas os varejistas 1, 2, 4 e 5 apresentaram o documento impresso. Os varejistas 3 e 6 foram representados por vendedores e eles disseram não ter acesso a documentos da empresa e que era necessário tratar o tema com os proprietários.

Com relação ao pagamento do INSS e recolhimento do FGTS, os varejistas 1, 2, 4 e 5 afirmaram que as empresas estavam adimplentes e que todo o processo era realizado por contador externo e que, portanto, não tinham como apresentar nenhum relatório naquele momento. O varejista 3 não soube falar sobre a situação da empresa, pois o tema era de responsabilidade do dono, mas afirmou que pessoalmente estava com o FGTS em dia e que

nunca havia ocorrido atraso no depósito em sua conta. O vendedor do varejista 6 informou não ter conhecimento algum sobre processo de impostos e que havia trabalhado diversos meses sem assinatura na carteira de trabalho, e que também nunca havia conferido se o FGTS estava sendo depositado desde a contratação efetiva.

5.4.1.3 Contaminação do meio ambiente

Nas entrevistas com os responsáveis ou vendedores dos distribuidores e varejistas, ficou claro que a participação deles no tocante a contaminação ambiental é bastante limitada. Praticamente todos disseram que o risco ambiental existente é com relação ao vazamento da solução ácida das baterias e possível contaminação do solo.

O gerente geral do distribuidor 1 comentou que o risco de vazamento em uma bateria nova é praticamente zero, mas que caso ocorra, esta bateria será segregada e armazenada em paletes com bacia de contenção. Na mesma linha o proprietário do distribuidor 2 informou que o maior risco é com a sucata das baterias recebidas, e que se for observado algum tipo de vazamento a bateria é separada em local apropriado e com contenção.

Os varejistas entrevistados também têm processos semelhantes e segregam as baterias que apresentam algum vazamento. Os proprietários dos varejistas 2 e 4 destacaram que os riscos de contaminação eram maiores quando se fazia algum tipo de reparo e recondicionamento nas baterias dentro das próprias lojas, prática que não é mais adotada visto que a grande maioria das baterias são seladas e sua abertura é impossível de ser realizada.

No varejista 3 o vendedor afirmou que dentro da loja o risco era muito baixo porque eles apenas estocavam as baterias, novas e exauridas, mas em condições seguras e que a loja tinha alvará dos bombeiros. O proprietário do varejista 4 afirmou que estava no ramo há mais de 10 anos e que nunca tinha ocorrido algum problema sério em sua loja, limitando-se a algumas baterias com vazamento e quase sempre por motivo de queda, além de problemas pontuais na hora da instalação.

O gerente geral do varejista de Minas Gerais tinha bastante experiência no mercado e também afirmou que mudanças ocorridas nos últimos anos deixaram o processo mais limpo do ponto de vista ambiental, principalmente com a implantação de baterias seladas e a maior cobrança dos fabricantes para ter o retorno da bateria exaurida. Para ele os riscos de

contaminação dentro da loja também são baixos, pois mesmo que uma bateria se rompesse totalmente, o contato com o chumbo seria por pouco tempo e em baixa quantidade.

5.4.2 Variáveis sociais

Com relação aos aspectos sociais, foi evidenciado que as empresas têm um papel bastante limitado. A exceção foi com relação ao distribuidor 2 que tem um pequeno projeto de patrocínio em uma escolinha de futebol para crianças carentes.

5.4.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade

O gerente geral do distribuidor 1 informou que a empresa oferece convênio médico a todos os funcionários e que anualmente realiza os exames periódicos de saúde. Segundo ele, o único tipo de problema de saúde associado às atividades desenvolvidas pela empresa está relacionado a dores na coluna ou ombros, normalmente por má postura do funcionário ao movimentar as cargas de baterias.

O proprietário do distribuidor 2 também informou que oferece convênio médico a seus funcionários e que realizam exames médicos ocupacionais em toda contratação ou demissão e anualmente para os demais funcionários. Segundo ele não existe nenhum caso de doença gerada pelas atividades exercidas na empresa.

Entre todos os varejistas avaliados, apenas o varejista 2 oferece de forma optativa convênio médico subsidiado para seus funcionários.

Os varejistas 1, 2, 4 e 5 informaram que realizam exames admissionais e demissionários em todos os funcionários. O assistente do varejista 3 informou que realizou exame no momento da sua contratação, mas o vendedor do mesmo varejista comentou que não lembrava se ele tinha feito. Eles também não souberam afirmar se o exame é realizado para todas as novas contratações ou demissões. O vendedor do varejista 6 disse que realizou o exame apenas no momento que teve sua carteira de trabalho assinada, e que não tinha conhecimento da pratica adotada com outros funcionários,

Todos os varejistas afirmaram desconhecer qualquer tipo de doença adquirida em razão da atividade comercial das lojas, com exceção de eventuais problemas de dores na coluna, que podem estar associadas ao manuseio das baterias. Foi observado nos varejistas 1, 2, 3 e 5,

carrinhos disponíveis para auxiliar na movimentação das baterias, o que reduz o risco de lesionar a coluna lombar.

5.4.2.2 Análise de riscos e perigos

O gerente geral do distribuidor 1 comentou que recebe com frequência informações do fabricante quanto aos riscos de contaminação com as baterias de chumbo-ácido, em especial se as mesmas forem descartadas de forma incorreta. Ele apresentou diversos *folders* e *banners* que estavam à disposição dos clientes e também informou que ele tem a obrigação de enviar os mesmos a seus varejistas. Os *folders* basicamente trazem informações de como proceder com a logística reversa e os benefícios ambientais com este procedimento. O coordenador comentou que acredita que a população, de forma geral, atualmente tem um melhor conhecimento sobre os riscos e perigos do contato com o chumbo e com a solução ácida.

O proprietário do distribuidor 2 afirmou que o cuidado atual com o manuseio das baterias é muito superior aos cuidados praticados há décadas. O nível de informação, disponibilizado pelos principais fabricantes, é de boa qualidade e estão à disposição dos clientes. Ele também afirmou que eventos ocorridos no passado, e muito divulgados pela mídia, com a contaminação através do chumbo, seja por fabricantes de baterias ou por equipamentos de radiografia descartados em aterro sanitário, alertaram a população e os órgãos ambientais sobre os riscos e perigos. O assistente administrativo apresentou diferentes *folders* de alguns fabricantes e basicamente todos continham informação sobre o processo de logística reversa e os benefícios com esta prática, no entanto ele comentou algumas diferenças na qualidade do material, destacando-se positivamente os maiores fabricantes nacionais.

Os proprietários dos varejistas do estado de São Paulo explicaram que já participaram de alguns treinamentos oferecidos pelos principais fabricantes de baterias, através de seus distribuidores. Ambos apresentaram *folders* dos principais fabricantes e os mesmos estavam à disposição nas lojas, bem como *banners* tratando da logística reversa. Na loja de São Caetano, varejista 2, o volume de material publicitário exposto era superior ao da loja de Vinhedo.

Os varejistas do Rio Grande do Sul, varejistas 3 e 4, informaram que já receberam treinamentos sobre logística reversa e os cuidados com o manuseio das baterias, mas segundo o vendedor do varejista 3, a maioria dos treinamentos oferecidos são sobre as partes técnicas das baterias, em especial quando ocorre o lançamento de um novo modelo. Em ambas as lojas do Rio Grande do Sul foi observado material publicitário sobre a LR e a reciclagem das baterias.

O gerente geral do varejista 5 informou que sempre que ocorre um lançamento de um novo modelo de bateria, os representantes das empresas oferecem treinamento para os funcionários, focando principalmente nas características técnicas, mas que em diversos momentos também já foi abordado a questão da importância da logística reversa e da reciclagem.

O vendedor da loja do Rio de Janeiro, informou que o conhecimento sobre os riscos ambientais e o processo de LR foram adquiridos com o proprietário da loja e com conversas com os distribuidores, mas de forma bastante informal. Na loja não foi observado informação tratando do tema e não havia *folders* para distribuição. Questionado o vendedor disse que o material era bastante restrito, visto que os pequenos fabricantes investem pouco nestas campanhas.

5.4.3 Variáveis econômicas

O principal foco dos distribuidores e varejistas está relacionado ao volume de vendas, as condições de pagamento e aos custos envolvidos no processo completo. O aumento no volume envolvido na LR aumentou os custos gerenciais e operacionais dos distribuidores e reduziu os lucros dos varejistas, além de aumentar a complexidade e responsabilidade de toda a cadeia.

Em nenhuma das empresas avaliadas, foi detalhado os custos, as margens de contribuição e o resultado financeiro.

5.4.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC

O gerente geral do distribuidor 1 afirmou que o gerenciamento de todo o processo da LR é complexo e que a empresa foi obrigada a aumentar a quantidade de funcionários para poder executar o serviço, principalmente porque eles atendem a muitos clientes e o controle precisa ser detalhado. No entanto, reafirmou que a distribuidora faz parte da empresa fabricante e, portanto, os resultados são consolidados.

O proprietário do distribuidor 2 também reforçou que houve um aumento nos custos, devido à complexidade na gestão do processo. Parte destes custos foi absorvido, principalmente, pelos principais fabricantes. No entanto, ele afirmou que quando não havia

necessidade de devolução das baterias exauridas para os fabricantes, a empresa conseguia em muitos momentos comercializar a sucata por melhores preços com as empresas recicladoras ou até mesmo com os fabricantes. Hoje está negociação com os fabricantes deixou de existir e os volumes que sobram para comercializar com as recicladoras deixaram de ser atrativas.

Já os varejistas 1, 2, 4 e 5 comentaram que os custos não foram afetados, pois apesar de haver necessidade de um controle de saldo por fabricante envolvido no processo, a atividade é simples, além disto, eles sempre fizeram o processo de devolução ou venda da bateria exaurida para os fabricantes ou recicladores. Os entrevistados no varejista 3 e 6 não souberam dizer se a empresa tem custos adicionais com o processo.

Por outro lado, os varejistas 1, 2 e 4 afirmam que os resultados financeiros das empresas eram melhores quando eles podiam comercializar a sucata de bateria com qualquer empresa, sem ter a obrigatoriedade de devolver ao fabricante. Segundo eles, sempre houve interesse das empresas pela recuperação da bateria de chumbo, e que desta forma eles tinham condições de negociar melhores preços pela venda da sucata. Atualmente o desconto nos preços dado pelos fabricantes é inferior ao valor que eles poderiam comercializar diretamente com as recicladoras.

O varejista 3 informou que provavelmente o atual resultado financeiro seja pior, mas que a comodidade de não precisar se preocupar com a venda da sucata, garantir que ela está tendo um destino ambientalmente correto e as preocupações com transporte, compensam o resultado e deixam tempo para que ele foque no negócio principal da empresa, que é vender baterias e atender bem a seus clientes.

O varejista 5 informou que o processo anterior era complexo e com certo risco, pois ele recebia visita de muitos interessados pela compra da bateria exaurida e que acabava indiretamente correndo risco das baterias serem descartadas ou recicladas de forma inadequada. Em razão disto ele sempre vendia as baterias diretamente para os fabricantes e, portanto, não houve muitas mudanças no processo. Do ponto de vista de resultado financeiro ele acredita que o resultado atual é pior.

O vendedor do varejista 6 não soube detalhar se o processo de LR impactou os resultados da empresa e que este processo é controlado pelo proprietário.

5.4.3.2 Plano de incentivo

O gerente geral do distribuidor 1 informou que a política comercial da empresa trabalha com maiores margens de desconto para os varejistas que atenderem os acordos de taxa de devolução das baterias inservíveis, ou seja, os descontos são proporcionais a taxa retornada. Estes descontos, segundo o gerente, são suficientes para cobrir os custos administrativos e operacionais dos lojistas e também compensá-los por não fazerem a venda da sucata para terceiros. Desta forma, segundo o gerente, o negócio é muito bom para os varejistas que praticam a LR, pois eles recuperam todos os custos envolvidos, além da margem com a venda da sucata, e não precisam se preocupar com o transporte, com negociações com terceiros e muito menos se preocupar se o destino das baterias é ambientalmente correto.

O proprietário do distribuidor 2 também informou que a empresa pratica políticas comerciais diferenciadas de acordo com a taxa de retorno das baterias inservíveis. Segundo ele, se o varejista cumprir os acordos, ele certamente tem vantagens comerciais que cobrem todos os seus custos e compensam o valor de venda da sucata para terceiros. Além disto isenta o varejista de uma série de responsabilidades com transporte, meio ambiente etc.

No entanto a grande maioria dos varejistas entrevistados tem uma visão diferente dos distribuidores. Todos os entrevistados afirmam que compram as baterias dos distribuidores com desconto proporcional ao volume de sucata retornado no período, mas que os descontos atuais são inferiores aos praticados anteriormente.

Os varejistas 1, 2 e 4 comentaram que com o passar dos anos, com ajustes nos preços das baterias, seja por reposição da inflação ou pelos novos modelos e tecnologias inseridos no mercado, estes descontos foram gradualmente reduzidos. Além disto o aumento da concorrência e a redução nos volumes de vendas, obrigaram eles a oferecerem descontos aos clientes em taxas superiores aos dados pelos fabricantes e, portanto, estão trabalhando com menores margens.

O varejista 3 confirma que parte dos descontos oferecidos pelos distribuidores foram consumidos pela inflação com o passar dos anos, mas mesmo assim a política comercial oferecida ainda é interessante na maioria dos casos e possibilita a loja a trabalhar com uma margem segura.

Os varejistas 5 e 6 confirmam que todos os distribuidores oferecem descontos de acordo com o volume de baterias devolvidas. O gerente do varejista 5 informou que quando a empresa

está com um bom volume de vendas ela consegue repassar preços aos clientes com descontos menores do que oferecido pelo distribuidor, aumentando assim o lucro.

O vendedor do varejista 6 não soube informar se a política de incentivos é suficiente para cobrir os custos da loja, mas destacou que os descontos oferecidos são bem diferentes de acordo com a marca da bateria.

5.4.3.3 Penalizações

O gerente geral do distribuidor 1, informou que como a distribuidora faz parte da empresa fabricante, os funcionários seguem as mesmas diretrizes, e, portanto, ele pode receber sansões administrativas em caso de não atender as normas da empresa. Ele informou que existe um claro e objetivo acordo de metas, incluindo a taxa de baterias retornadas para a fábrica.

Ele também informou que para os varejistas atendidos pela distribuidora 1, existe acordo sobre a taxa de retorno das baterias exauridas, e que em caso de não cumprimento a empresa adota, inicialmente, uma política comercial com menores descontos. Se o índice de retorno for muito inferior ao combinado e por longo período, a empresa pode limitar o volume de baterias vendidas ou até mesmo suspender as vendas.

O proprietário da distribuidora 2 também informou que trabalha nas margens de desconto, de acordo com as taxas devolvidas pelos seus clientes. Ele informou que no contrato de venda existe uma cláusula de suspensão de vendas se o percentual ficar muito abaixo do acordado, mas que nunca precisou ser usada.

Com relação a seus fornecedores, ou seja, os fabricantes de baterias, ele informou que existe diferenças neste gerenciamento. Segundo eles os principais fabricantes exigem e fazem um acompanhamento bastante rigoroso dos volumes comercializados e retornados, e também atribuem diferentes politicas comercias de acordo com o percentual retornado. Para outros fabricantes de menor expressão no mercado, também existe uma política comercial de acordo com as taxas retornadas, no entanto, a cobrança e acompanhamento são inferiores e dificilmente irão suspender as entregas no caso de não atingimento das metas estabelecidas, a menos que o retorno seja extremamente baixo e por longos períodos.

De acordo com o assistente administrativo da distribuidora 2, eles fornecem mensalmente relatórios para todos os fabricantes com a movimentação das baterias, contendo entre outras informações, o volume comprado e o volume retornado, bem como o saldo do mês

e o acumulado do ano. Todas estas informações são vinculadas a número de notas fiscais, deixando assim o processo transparente entre as partes e deixando a empresa preparada no caso de alguma fiscalização de órgãos do governo ou entidades ligadas ao acordo setorial.

Os varejistas entrevistados, com exceção do varejista 6 do Rio de Janeiro que não tinha detalhes sobre o processo, informaram que sofrem alterações nas políticas comerciais de acordo com a taxa retornada para os distribuidores. Segundo eles, as regras são diferentes entre as marcas comercializadas e as maiores exigências são das marcas mais famosas e com maiores volumes no mercado, destacando-se os fabricantes analisados nesta pesquisa.

A forma de controle dos saldos comercializados é diferente em cada loja avaliada, mas todas elas têm um controle mínimo suficiente para comprovar os números. Os varejistas 1, 4 e 5 se destacaram por ter melhores controles, inclusive com todas as movimentações associadas ao número das notas fiscais. O destaque negativo ficou com o varejista 6 que apresentou um controle simples e de forma manual, inclusive com diversas rasuras. Questionado, o vendedor informou que aquelas informações eram repassadas pelo proprietário para um programa de computador, e que em caso de duvidas o proprietário solicitava a ajuda dele.

Os varejistas 1, 2 e 4 informaram que as lojas podem receber fiscalizações diversas, no entanto, com relação aos volumes reciclados a responsabilidade de prestar contas é sempre dos fabricantes de baterias.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através do estudo de múltiplos casos e de caráter exploratório foi possível avaliar como as práticas de *Closed-Loop Supply Chain* - CLSC são adotadas na cadeia automotiva brasileira para fabricação, recuperação e reciclagem de baterias de chumbo-ácido, considerando-se os aspectos ambientais, econômicos e sociais, atingindo assim os objetivos propostos nesta dissertação.

Através deste estudo foi possível concluir que o processo para recuperação de baterias de chumbo-ácido no Brasil evoluiu nos últimos anos e atualmente é um processo bastante discutido e praticado entre os principais stakeholders, principalmente entre os maiores fabricantes e seus revendedores, além de ter uma forte atuação do governo nacional e de órgãos independentes de fiscalização e controle. Também foi possível concluir que apesar da grande evolução do tema, ainda existem oportunidades para tornar o processo do CLSC mais robusto e sustentável em todo o Brasil.

Ficou evidenciada a participação ativa de dois fabricantes de baterias no gerenciamento sustentável, destacando que ambas as empresas têm diretrizes claras de sustentabilidade, contemplando os três aspectos do *triple bottom line* e equipes dedicadas ao seu gerenciamento.

Os distribuidores e varejistas também demonstraram a sua grande importância dentro do processo de CLSC, pois o processo da LR começa efetivamente no momento da venda da nova bateria para o cliente final e recuperação da bateria exaurida energeticamente.

As empresas de reciclagem de baterias de chumbo-ácido também têm um papel fundamental no processo do CLSC e uma grande responsabilidade com os pilares da sustentabilidade. As empresas analisadas são de pequeno porte, dedicadas ao processo de reciclagem de chumbo, precisam atender a diversas legislações ambientais e garantir os aspectos sociais básicos para seus funcionários e comunidade próxima e, ainda, obter um resultado financeiro que permita a continuidade dos negócios e realizar investimentos na preservação ambiental.

6.1 ASPECTOS AMBIENTAIS

Dentro dos conceitos do tripé da sustentabilidade os dois fabricantes de baterias analisados afirmaram que o aspecto ambiental é o elo mais importante para as suas empresas, principalmente em virtude da criticidade da contaminação com o chumbo. De acordo com esses fabricantes, se houver uma boa gestão em preservação ambiental, principalmente com redução do consumo de matérias-primas e controle dos níveis de poluição, os demais aspectos, sociais e econômicos, serão diretamente afetados positivamente.

No entanto, apesar dos aspectos ambientais também serem uma grande preocupação dos distribuidores, varejistas e recicladores e estarem diretamente envolvidos e comprometidos com o cumprimento dos aspectos ambientais, ele não é o principal foco de seus negócios. Quando avaliadas pelo *triple bottom line* estas empresas visam principalmente o aspecto econômico.

6.1.1 Relação entre chumbo primário e chumbo secundário

Um dos grandes objetivos dos dois fabricantes de baterias é diminuir a necessidade de comprar o chumbo primário, principalmente pela escassez da matéria-prima, mas também pela complexidade logística e falta de controle nos preços internacionais.

As duas empresas apresentaram sólidos processos na logística reversa para recuperação e reciclagem das baterias.

O fabricante 1 utiliza sua rede própria de distribuidores para fomentar a necessidade, a importância e a responsabilidade de se recuperar as baterias exauridas no momento da venda de uma nova bateria no mercado de reposição. Cada distribuidor tem a responsabilidade de gerenciar suas redes varejistas, visando a recuperação do maior número possível de sucata de bateria. Os índices necessários para recuperação, bem como as responsabilidades de cada distribuidor no processo da LR, são claramente determinados e monitorados pelo fabricante.

O fabricante 2 trabalha de forma muito similar mesmo tendo seus distribuidores terceirizados. As regras e políticas para recuperação das baterias também são claras e objetivas e tem um acompanhamento detalhado do fabricante. A empresa possui uma política interna de evitar a compra de chumbo primário, visto as complexidades logísticas envolvidas e as incertezas no preço internacional.

As pesquisas e entrevistas demonstraram que para aumentar as taxas de reciclagem é fundamental o sincronismo entre todos os stakeholders envolvidos e o processo apenas funcionará se houver uma intensa participação dos distribuidores e varejistas. No entanto, apesar de um papel fundamental no processo, a responsabilidade deles é limitada, pois os clientes finais não são obrigados a fazer a devolução da bateria usada.

Cada distribuidor e varejista tem suas metas individuais para a LR e normalmente são incentivados ou penalizados pelos fabricantes através de políticas comerciais. É importante ressaltar que a responsabilidade da recuperação das baterias exauridas é dos fabricantes, sendo os distribuidores e varejistas apenas os meios usados para realizar este processo.

Foram observadas grandes diferenças nas taxas de baterias recuperadas nas diferentes cidades e estados analisados, bem como diferenças significativas nos materiais de divulgação do processo de LR, das vantagens ambientais com a devolução da bateria e dos riscos de contaminação com o chumbo caso as baterias sejam descartadas incorretamente. No entanto, apesar das grandes diferenças, ficou evidente que todos os entrevistados têm interesse em aumentar a taxa de retorno das baterias exauridas, visto que eles recebem um incentivo ou uma penalização financeira dos fabricantes, de acordo com o atendimento ou não das taxas acordadas.

As empresas de reciclagem, que prestam serviços para o fabricante 2 tem um papel relativamente simples em relação as taxas de recuperação, pois não cabe a elas nenhuma responsabilidade pela coleta das baterias exauridas no mercado. Elas recebem as sucatas diretamente do fabricante, fazem o processamento da reciclagem e devolvem ao mesmo a sucata plástica e o chumbo secundário, no mesmo peso recebido, descontado as perdas naturais do processo. Cabe a elas a segregação do ácido sulfúrico e o envio para empresas especializadas, bem como a destinação final e correta para os demais resíduos, por exemplo o papel.

As taxas de baterias recuperadas de cada fabricante são atestadas por um órgão independente, o IBER, que valida a relação entre o volume vendido no mercado de reposição versus o volume de baterias recicladas. Neste processo, cada fabricante precisa enviar ao instituto as informações mensais sobre os volumes produzidos e reciclados, acompanhados das respectivas documentações e comprovações, ficando sujeito a auditorias conforme entendimento do órgão gestor.

As taxas de coleta e reciclagem de baterias de chumbo-ácido no Brasil em 2019, de acordo com o acordo setorial e o com os resultados apurados com as duas empresas avaliadas, variou

entre 60 e 80% dependendo da região do País. Isto significa que entre 60 e 80% do chumbo necessário para a produção de novas baterias para o mercado de reposição será proveniente de chumbo secundário gerado pelos próprios fabricantes, mantidos os volumes atuais de comercialização.

Estes resultados, quando comparados aos estudos de Pan (2019), Sun (2017), Jeong e Kim (2017) e Tian (2014), ainda são inferiores aos índices já praticados nos EUA e na Europa, que tem uma média superior a 80% e 90% respectivamente. No entanto, já são superiores aos resultados médios globais de 60% e muito superiores aos valores reciclados na China, que variam entre 29 a 34% e aos 52% da Coréia do Sul.

6.1.2 Leis, normas e regulamentos

Durante o estudo foi evidenciado a grande evolução nos últimos anos das leis, normas e regulamentos existentes no Brasil, bem como o esforço das empresas envolvidas para o cumprimento de todas as normas.

A legislação nacional teve seu primeiro grande marco sobre o gerenciamento ambiental em 1981 com o estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e desde então o processo continua evoluindo, porém de forma lenta. Somente 17 anos após a publicação da PNMA, em 1998, o governo dispôs nova lei definindo sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1981 e 1998).

Na sequência, em 2008, através da resolução Conama 401, definiu os limites para alguns compostos químicos em diversos produtos, inclusive para as baterias de chumbo-ácido. Na mesma resolução também foi estabelecido, entre diversos outros pontos, a responsabilidade dos fabricantes para um destino ambientalmente adequado para as baterias exauridas (BRASIL, 2008).

Em 2010 foi criado um novo marco importante, através da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305, que criou regras à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado, definindo a responsabilidade dos geradores e do poder público, com uma visão sistêmica, envolvendo as variáveis ambientais, sociais, econômicas, entre outras. Através desta lei, em seu artigo 33, foi determinada a obrigatoriedade de estruturar e implementar o processo de logística reversa. No entanto, apenas em 2017 foi estabelecido um decreto, Nº 9.177, assegurando a isonomia na fiscalização e no cumprimento

das obrigações imputadas aos fabricantes e demais stakeholders envolvidos (BRASIL, 2010 e 2017).

Em agosto de 2019, durante a realização deste estudo, foi firmado um acordo setorial entre o Ministério do Meio Ambiente, a Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais (ABRABAT-BR) reunindo os maiores fabricantes nacionais de baterias, a Associação Nacional dos Sincopeças do Brasil (Sincopeças - BR) e o Instituto Brasileiro de Energia Reciclável (IBER), para implementar o sistema de logística reversa de baterias automotivas de chumbo. O acordo prevê metas e responsabilidades para os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e recicladores, desde a coleta, acondicionamento, transporte e reciclagem até a disposição final desses produtos inservíveis (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2019).

O fabricante 1 apresentou evidência de todo o esforço realizado para atender as normas e requerimentos existentes, em especial para o controle da contaminação do ar, do solo e das águas fluviais. Destacou que os índices permissíveis de contaminação ambiental estão a cada período mais restritos, o que obriga a empresa a continuar seus investimentos em processos produtivos e de controle mais sustentáveis.

O fabricante 2 também reportou as mesmas dificuldades para o atendimento cada vez mais exigente das legislações ambientais, além do aumento no número de auditorias e fiscalizações. Destacou que seu processo é mais simples, visto que a empresa optou por terceirizar o processo de reciclagem, extremamente crítico do ponto de vista ambiental. Cabe às recicladoras a garantia do atendimento das legislações pertinentes durante o processo de reciclagem. Com isso, a empresa consegue concentrar seus esforços de gestão e de investimentos na fabricação, distribuição e logística reversa das baterias.

Para os distribuidores e varejistas as normas são menos rigorosas, visto que apenas comercializam os produtos acabados, cabendo a eles cumprir com as obrigações de receber ou coletar as baterias dos clientes, armazená-las de forma adequada e entregar as sucatas para os fabricantes. No caso de não cumprimento dos índices acordados, normalmente cabe aos distribuidores e revendedores penalizações financeiras ou administrativas diretamente dos fabricantes.

As empresas recicladoras são responsáveis por manterem atualizadas todas as suas licenças e permissões ambientais previstas para seu processo produtivo e devem atender a todas as normas e regulamentos sobre os índices permissíveis de poluição do ar, das águas e do solo.

Também devem destinar de forma ambientalmente adequada 100% dos resíduos não reciclados em seu processo. As duas empresas analisadas afirmaram ter todas as documentações de autorização de funcionamento válidas e atualizadas, no entanto apenas a recicladora 1 apresentou cópia do alvará de funcionamento.

Estes resultados mostram que o Brasil está atualmente melhor estruturado do que alguns outros países em desenvolvimento, pois segundo Pan (2019) o governo chinês ainda precisa melhorar as suas regulamentações relevantes ao processo de reciclagem de baterias, apesar de ter lançado em 2013 os "Padrões de emissão de poluentes industriais de chumbo e zinco", através do seu Ministério de Proteção do Meio Ambiente. De acordo com Sun (2017), cerca de 30 a 40% das baterias continuam sendo recicladas por empresas não certificadas na China. No Continente Africano, segundo Gottesfeld (2018), poucos países possuem algum tipo de regulamento específico regendo as operações e as emissões no processo de reciclagem de baterias chumbo-ácido.

6.1.3 Contaminação do meio ambiente

Foi verificado que os dois fabricantes investem continuamente em seus processos produtivos e de contenção dos níveis de poluição, seja atmosférica, do solo ou fluvial, apresentando processos bastante robustos.

O fabricante 1 é o maior fabricante de baterias de chumbo-ácido da América Latina e tem uma estrutura técnica e financeira muito superior ao fabricante 2. Dessa forma, acabou demonstrando melhores resultados no gerenciamento ambiental no dia a dia e um planejamento a médio e longo prazo melhor elaborado, por exemplo o planejamento de despesas para manutenção dos principais sistemas de contenção e controle da poluição, tanto para o monitoramento interno, quanto na região próxima às unidades fabris. Esta situação não desabona os bons resultados e o planejamento do fabricante 2, que com uma estrutura pequena apresentou um excelente controle da situação ambiental.

Todos os relatórios apresentados pelas duas empresas, tanto internos como os emitidos por empresas terceirizadas e de auditoria, demonstraram o atendimento às principais normas de controle ambiental. Raros desvios foram observados e sempre por pequenas margens e curto período de tempo. Os desvios normalmente estão relacionados a algum problema na manutenção preventiva, segundo os entrevistados.

Destaque positivo foi observar que os dois fabricantes têm uma estrutura dedicada para estes gerenciamentos e apresentaram um planejamento bem detalhado das atividades de monitoramento do solo, da água e do ar. As medições são realizadas com a frequência determinada pelos órgãos competentes, no mínimo, buscando apurar qualquer desvio no processo e propiciando a adoção de medidas de contingência de forma mais rápida e sempre resguardando a saúde de seus funcionários e da comunidade próxima.

Nas empresas de distribuição e varejo a situação é mais fácil de ser controlada, visto que os riscos são praticamente nulos. A preocupação dos lojistas basicamente está no caso de terem alguma bateria com vazamento da solução ácida e a probabilidade de isso acontecer é pequena e normalmente está associada a alguma queda sofrida pela bateria. Nestes casos a mesma é armazenada em local reservado e devolvida ao fabricante na primeira oportunidade. Pôde ser observado em algumas lojas o uso de prateleiras equipadas com bacia de contenção. O contato com o chumbo é inexistente, visto que a maioria das baterias são seladas e não permitem nenhum tipo de manutenção nas lojas, situação que era usual em um passado recente.

O reciclador 1 afirmou que as demandas e controles ambientais estão a cada período mais exigentes e que isto obriga a empresa a assumir despesas contínuas para melhorar o processo produtivo e os controles ambientais, o que acaba reduzindo os seus resultados financeiros. A empresa apresentou todos os controles realizados, de forma a garantir o atendimento às normas, preservando assim o meio ambiente. Foi dada grande ênfase à importância e rotinas de manutenção, fundamentais para manter os índices sob controle.

Já a recicladora 2 comentou que a situação financeira da empresa é crítica, visto a redução nos volumes produtivos e o aumento nos custos de produção. Eles alegam ter plena consciência dos riscos ambientais existentes no processo de reciclagem, em especial no processo de fundição do chumbo, mas que no momento não há capital para investir em novas medidas de contenção da poluição e, portanto, os esforços são apenas para garantir o cumprimento mínimo das legislações atuais. Foram observados alguns indicadores pouco acima dos limites permitidos, mas com ações rápidas para reverter o resultado. Basicamente isso ocorre porque a empresa tem adiado as suas manutenções preventivas visando reduzir os seus custos.

Mesmo com todas as restrições orçamentárias e técnicas os resultados encontrados nas duas recicladoras são positivos, principalmente quando comparados com pesquisas realizadas na China onde foi apontado que entre 30 e 40% das baterias são recicladas por empresas não certificadas para lidar com resíduos perigosos ou com a realidade de que poucos países do

continente africano possuem regulamentos específicos regendo as operações e emissões de poluentes no processo de reciclagem de baterias (PAN, 2019 e GOTTESFELD, 2018).

Outro fator importante é que de todas as empresas analisadas, apenas o fabricante 1 já tem a certificação ambiental ISO 14000, comprovando assim o atendimento pleno a todas as normas ambientais. O fabricante 2 tem um bom planejamento para obtê-la nos próximos anos e os investimentos necessários estão planejados, principalmente na área de armazenagem e refino do chumbo. Para as empresas comerciais, distribuidores e varejistas, a certificação não é usual e tão pouco necessária. Já as recicladoras afirmam que a obtenção da certificação exigiria investimentos muito elevados e que não há nenhuma previsão ou planejamento para obtê-la, embora entendam que seria muito importante e traria um destaque positivo para a empresa.

6.1.4 Produção e reciclagem de baterias

A responsabilidade ambiental dos dois fabricantes ocorre durante todo o ciclo do CLSC, iniciando pela compra do chumbo primário ou secundário de fornecedores homologados ou pela própria produção do chumbo secundário, através do processo de reciclagem. Na sequência, a responsabilidade ambiental dos fabricantes segue por todo o processo produtivo e é concluído com a logística reversa para recuperação e reciclagem das baterias exauridas.

O fabricante 1 é responsável por todo o ciclo do CLSC e, portanto, tem total controle e responsabilidade pelo seu produto, processo produtivo, comercialização, logística reversa e reciclagem.

Já o fabricante 2, embora também tenha todo o controle e responsabilidade pelo seu produto, processo produtivo e comercialização, decidiu realizar a reciclagem das baterias em prestadores de serviços especializados nesta atividade. Os principais fatores para manter esta decisão são o alto investimento necessário e a complexidade em atender todas as normas ambientais. Mesmo com essa terceirização a responsabilidade pela coleta das baterias exauridas no mercado consumidor continua sendo do fabricante 2. É dele a responsabilidade de transportar a sucata até as recicladoras e na sequência transportar os lingotes de chumbo secundário e os resíduos plásticos para sua unidade produtora, onde estas matérias-primas serão transformadas em novas baterias.

Ponto de destaque nas duas empresas é a avaliação constante dos riscos e perigos ambientais existentes em seus processos produtivos e a elaboração de planos de ação para quase

todas os riscos identificados, onde foi identificado a criação de medidas de contenção, mitigação ou planejamentos para eliminação total do risco.

As duas empresas fabricantes também apresentaram suas sistemáticas de discussão e divulgação destes riscos para todos os funcionários envolvidos e ambas se mostraram bastante eficientes na abrangência. Elas se utilizam de reuniões, comitês, diálogos de segurança, treinamentos específicos, jornais e revistas internos, campanhas de conscientização etc.

Com relação ao processo de fundição do chumbo, processo mais crítico do ponto de vista ambiental, as duas empresas utilizam o processo pirometalúrgico e adotam todos os cuidados para o controle da emissão de gases e particulados. As duas empresas sabem da existência de processos de fundição mais modernos, mas nenhuma delas tem planos para fazer a mudança. Segundo ambas as empresas, os investimentos necessários são extremamente elevados e os resultados de produtividade e custo com os novos processos são piores do que o processo atual, ou seja, não existe benefícios diretos que motivem fazer um estudo para a substituição, ao menos a médio prazo.

As recicladoras utilizadas pelo fabricante 2 também usam o processo pirometalúrgico para a fundição do chumbo, porém as empresas têm menor conhecimento sobre processos alternativos. Segundo eles, o processo atual é bastante seguro e produtivo e não apresenta maiores riscos ambientais, desde que sejam realizados as manutenções periódicas e os controles ambientais.

De fato, avaliando a literatura usada como referência para este estudo, foi destacado por alguns pesquisadores, como Tian (2017 e 2014) e Zhang et al. (2016) que alguns métodos que estão sendo explorados para substituir o processo pirometalúrgico são menos produtivos, apresentam maiores custos operacionais, maior consumo de energia elétrica, além da necessidade de altos investimentos.

A recicladora 1 afirmou que os riscos ambientais e de segurança dos funcionários em um processo de reciclagem de produtos perigosos é relativamente alto. Por isto, é fundamental ter um bom planejamento de manutenções e muita orientação aos funcionários sobre os riscos envolvidos. Foram apresentados inúmeros diálogos de segurança visando dar ciência a todos os funcionários dos riscos e das medidas a serem tomadas em caso de qualquer tipo de desvio.

A recicladora 2 não tinha um plano tão bem elaborado, mas também apresentou evidências de que o tema é discutido rotineiramente com os funcionários.

6.2 ASPECTOS SOCIAIS

Através deste estudo de múltiplos casos também foi possível fazer uma avaliação sobre os aspectos sociais envolvidos em cada uma das empresas, focando principalmente na prevenção e preservação da saúde dos funcionários e da comunidade, bem como atividades desenvolvidas para apoiar e desenvolver a comunidade local.

Embora os aspectos sociais sejam extremamente importantes e reconhecidos por todos os entrevistados, não há dúvidas de que ele não é o foco de nenhuma das empresas avaliadas. Isto vem ao encontro de trabalhos realizados por diversos pesquisadores, entre eles Ghadimi et al. (2019), Ahmadi et al. (2017) e Wang et al. (2015), onde foi apontado que a restrição a aplicação do *triple bottom line* está concentrada na dimensão social, pois esta recebe menos atenção em comparação aos aspectos ambientais e econômicos, mesmo que em muitos casos afete a reputação e o sucesso a longo prazo da organização.

6.2.1 Saúde dos funcionários e comunidade

Os dois fabricantes analisados destacaram a importância dada a manutenção e saúde de seus funcionários. O fabricante 1 inclusive tem um capítulo dedicado a isso em sua Política Integrada e é certificado pela ISO 54.001. O fabricante 2 ressalta que a missão da empresa só será alcançada com a participação e valorização do ser humano.

As duas empresas têm um cronograma bem definido para a realização de exames periódicos de saúde em todos os seus funcionários, com intervalos diferentes de acordo com a exposição ao risco e principalmente ao contato com o chumbo.

O fabricante 1 destacou-se por que os exames toxicológicos de seus funcionários têm apresentado resultados melhores do que o exigido por normas nacionais e até mesmo por normas internacionais, que são mais exigentes. Existe uma melhora continua nestes indicadores o que comprova que as ações preventivas da empresa têm dado resultados positivos.

O fabricante 2 também tem uma evolução positiva nos resultados toxicológicos de seus funcionários graças a melhoria nas condições do trabalho, investimento em novos equipamentos e rodízio dos funcionários em processos mais críticos.

As duas empresas de reciclagem também apresentaram um cronograma para a realização de exames periódicos de saúde e exames de sangue em seus funcionários. Nestas

empresas a frequência é menor do que a realizada pelos fabricantes, mas atende as normas da CLT. Nenhuma das duas recicladoras apresentou qualquer tipo de estatística ou resultados dos exames de sangue, mas afirmaram que os índices são bons e que desconhecem casos críticos nas empresas.

O responsável pela recicladora 1 informou que é inegável que quanto maior for o tempo de exposição ao chumbo ou aos processos produtivos, maior será o risco de contaminação, por isto é fundamental o contínuo investimento em medidas de prevenção e treinamento aos funcionários. A prática de rodízio de atividades não é algo rotineiro na empresa.

Por sua vez, os distribuidores e varejistas realizam apenas exames admissionais ou demissionais de forma regular e não tem conhecimento de nenhum problema de saúde de seus funcionários associados a exposição e movimentação das baterias. Nos distribuidores, visto que o volume de baterias movimentadas é alto, foi destacado eventuais problemas de coluna, mas nenhum relato sobre qualquer tipo de contaminação química.

Os fabricantes e as recicladoras não realizam e nem suportam financeiramente a realização de nenhum exame médico nos moradores próximos a suas empresas, embora existam projetos sociais. O fabricante 1 informa que a empresa foca na prevenção da contaminação ambiental garantindo assim que a exposição da comunidade a riscos de contaminação seja o mínimo possível.

O fabricante 2 informou que sofre uma grande pressão da sociedade para o controle ambiental e, por consequência, da saúde da comunidade, visto que a cidade já teve sérios problemas de contaminação com chumbo. Mesmo assim a empresa se limita a controlar e atender os níveis de contaminação determinados em legislações, cabendo ao governo a realização de exames de saúde na comunidade local.

Da mesma forma as recicladoras não se sentem na obrigação de realizar ou monitorar a saúde da comunidade local, cabendo a elas apenas cumprir os limites permitidos de poluição. A recicladora 2 não tem comunidade próxima a sua empresa e desta forma se sentem mais confortáveis com esta situação.

Em geral estes resultados são melhores do que as conclusões obtidas em outras pesquisas, por exemplo estudo realizado pelo Etiang'N (2018) no Quênia, que encontrou níveis significativos de chumbo no sangue de crianças que moravam próximas a empresa de fundição de chumbo e onde também foram identificados altos níveis de contaminação atmosférica, do solo e da água. Segundo Gottesfeld (2018) o nível de contaminação nas instalações de

fabricação e reciclagem de chumbo na África é um risco elevado para a saúde dos funcionários e também das comunidades próximas. Zhang (2016) relata que em uma amostra de sangue de moradores próximos a uma empresa de reciclagem na China, mais de 43% apresentaram níveis de contaminação no sangue acima do permitido. Segundo Gottesfeld (2011) os piores resultados são encontrados em países em desenvolvimento e ao mesmo tempo as taxas de contaminação de trabalhadores nos EUA mostram resultados muito melhores, comprovando assim, que as taxas de contaminação neste setor são evitáveis.

Com relação a acidentes de trabalho não foi identificado nenhum problema crônico associado diretamente aos riscos inerentes ao processo de fabricação ou reciclagem das baterias, em especial ao contato com o chumbo. Todas as empresas têm as suas métricas definidas, bem como procedimentos a serem adotados em caso de algum acidente. Os valores reportados pelos fabricantes e recicladores estão diretamente relacionados aos volumes produzidos, não havendo nenhum ponto de destaque.

6.2.2 Gestão da sociedade local

Com relação a responsabilidade social junto à comunidade próxima das empresas, o fabricante 1 se destacou positivamente entre as empresas analisadas. Os fundadores da empresa, em especial a fundadora, sempre tiveram uma preocupação muito grande com a cidade e desde o início dos negócios investem em diversos projetos sociais, destacando-se projetos na área da educação. A empresa apoia a formação de alunos em diversos níveis escolares e tem centros de pesquisa e desenvolvimento na própria cidade, gerando assim mão de obra treinada e especializada, que em boa parte é aproveitada em suas próprias empresas. A empresa também tem diversos projetos culturais e um centro de artesanato. O legado deixado pela fundadora da empresa foi de: *"Transformar as pessoas, para que elas transformem a cidade*".

O fabricante 2 também tem alguns projetos sociais muito interessantes e propiciam à comunidade local acesso a programas de recreação, treinamentos específicos, acesso facilitado a parceiros de negócio, como escolas, médicos etc. e também apoia projetos de formação profissional nas faculdades da região, utilizando sempre que possível essa nova mão de obra especializada em sua empresa.

As recicladoras têm trabalhos sociais menos abrangentes e com menores investimentos. As duas recicladoras mantêm convênios com entidades das suas regiões apoiando na formação

profissional de adolescentes, buscando gerar melhores oportunidades de trabalho e vida social para eles. A recicladora 2 salientou que a empresa foi obrigada a reduzir as atividades sociais devido à redução no volume de produção e situação financeira.

6.2.3 Análise dos riscos e perigos

Os dois fabricantes se mostraram bastante atuantes para eliminar ou ao menos mitigar os riscos e perigos existentes em seus processos produtivos, destacando-se aos riscos de contaminação com o chumbo. Foi apresentada documentação comprovando a análise dos riscos existentes, bem como planos de ação para reduzir os impactos. Estas ações comprovam mais uma vez a preocupação que as duas empresas têm com seus funcionários, citados várias vezes como sendo foco das organizações.

Foi bastante reforçada pelo fabricante 1 a importância que a empresa dá, além de atender a todos os requisitos legais de proteção ambiental e de segurança do trabalho, para o treinamento dos seus funcionários, seja logo após a contratação, seja em forma de reciclagem periódica e a prática de diálogos de segurança no trabalho. A utilização de comitês permanentes para avaliação e discussão dos riscos e perigos também é uma prática positiva, principalmente quando atua de forma preventiva.

O fabricante 2 também apresentou uma boa sistemática para treinamentos e reciclagens, principalmente pelos riscos de contaminação com o chumbo.

A empresa tem um processo produtivo bastante automatizado em alguns setores, no entanto, foi observado o armazenamento de placas empastadas com chumbo sem qualquer tipo de proteção, o que aumenta as chances de uma contaminação. Pelo lado positivo, foi observado que todos os funcionários estavam usando diversos EPI's e que havia muita divulgação, através de banners, dos cuidados com a saúde e a segurança no trabalho.

Nas duas recicladoras analisadas a situação encontrada não foi tão satisfatória, pois a matriz de riscos e perigos da recicladora 1 era bastante antiga e desatualizada e a recicladora 2 não apresentou nenhuma evidência de que tivesse sido realizado um mapeamento dos riscos.

Com relação a treinamentos, foi evidenciado que existe um processo de integração onde são apresentados os principais riscos da operação e as medidas básicas que devem ser adotadas em caso de alguma anomalia, mas de forma geral são repassados apenas informações básicas. Em nenhuma das duas empresas foi evidenciado um planejamento de reciclagem ou cursos de

prevenção, apenas o uso de diálogos de segurança para temas diversos, inclusive vários que tratavam do contato com o chumbo. Apesar da limitação das duas empresas, a recicladora 1 ainda se mostrou melhor preparada e preocupada com os riscos e perigos existente no processo de reciclagem.

Durante o estudo ficou claro a importância dos distribuidores e varejistas na divulgação aos clientes finais dos riscos e perigos que podem ser gerados pelo mau uso ou descarte inapropriado das baterias de chumbo-ácido.

O distribuidor 1, que trabalha exclusivamente com baterias do fabricante 1, tinha informação recentes sobre os riscos e perigos e também bastante material de divulgação, folders e banners, sobre as vantagens e procedimentos para a LR. Estes materiais são repassados para os diversos varejistas e clientes.

O distribuidor 2 destacou que a maioria e as melhores informações são fornecidas pelos maiores fabricantes nacionais. Segundo eles, estas empresas investem em treinamentos e em divulgação dos benefícios ambientais obtidos com a reciclagem. Foi observado que alguns pequenos fabricantes também haviam divulgado folders, mas com informações bastante básicas e com menor qualidade nos impressos.

Já os varejistas, em sua maioria, informaram que recebem mais informações e treinamentos sobre as características técnicas da bateria do que com relação a sustentabilidade e riscos ambientais. Treinamentos sobre os riscos e perigos normalmente são ministrados pelas próprias distribuidoras ou por algum representante dos fabricantes.

Ponto bastante positivo a ser destacado é que em todas as lojas visitadas foi encontrado, em maior ou menor quantidade, informativos sobre os processos de logística reversa e importância da reciclagem para os aspectos ambientais. Estes informativos normalmente estavam em forma de banners e/ou em folhetos para os clientes finais. Alguns revendedores comentaram que estes materiais publicitários ajudam os vendedores a convencer os clientes a fazer a devolução das baterias, principalmente porque muitas pessoas realmente desconhecem os riscos associados a um descarte incorreto.

6.3 ASPECTOS ECONÔMICOS

Os aspectos econômicos são fundamentais para todas as empresas analisadas, no entanto, a adoção dos conceitos do CLSC, em especial os processos de logística reversa e de reciclagem geram diferentes resultados para cada tipo de empresa.

De acordo com Kannan (2010), as preocupações ambientais relacionadas à redução de resíduos e materiais perigosos, juntamente com o valor econômico da extensão do ciclo de vida do produto, proporcionam às indústrias oportunidades de novos e emergentes negócios e desta forma os objetivos ambientais e econômicos podem ser alcançados utilizando um suprimento de cadeia fechada.

Em linhas gerais, todas as empresas entendem as vantagens ambientais com a adoção das medidas adotadas, mas reclamam que não há incentivos financeiros para sua adoção e que houve aumento nos custos, prejudicando desta forma seus resultados operacionais e financeiros.

6.3.1 Custos envolvidos no processo CLSC

Os dois fabricantes de baterias avaliados têm uma posição muito semelhante com relação aos custos adicionais incorridos em suas empresas com a obrigatoriedade da logística reversa e reciclagem das baterias de chumbo-ácido. Ambos afirmam que estes processos comprometem o resultado financeiro das empresas.

Entre os custos envolvidos, pode-se destacar todo o gerenciamento necessário no processo de LR e reciclagem, os custos com o armazenamento e transporte das baterias exauridas e com o próprio processo de reciclagem, que requer altos investimentos e elevadas despesas rotineiras com a manutenção dos equipamentos produtivos e de controle ambiental. Para os fabricantes, exclusivamente do ponto de vista econômico, na maioria das vezes seria mais vantajoso a compra direta de chumbo primário.

Um ponto de destaque é que o fabricante 2 utiliza 03 empresas para fazer o processo de reciclagem das baterias e a empresa não tem uma ferramenta muito clara e objetiva para determinar para qual empresa o lote de sucata será levado. Estas decisões são bastante empíricas e normalmente levam em conta a distância e o preço cobrado pelo serviço. Estudos realizados no Canadá, na Turquia e na Índia, segundo Tosarkani (2018), Subulan (2014 e 2015) e Sasikumar (2011) respectivamente, mostraram que modelos matemáticos considerando

múltiplos canais, custos de transporte, custos de reciclagem, taxas de retorno etc., determinam melhores resultados econômicos para as empresas.

Outro ponto reclamado pelos dois fabricantes é que as empresas de menor porte não fazem parte do atual acordo setorial para a LR e as fiscalizações ambientais são menos severas. Desta forma estas empresas podem não estar realizando investimentos na preservação ambiental e, portanto, ter menores custos em todo o processo, desde a produção, controle e reciclagem de seus produtos, desiquilibrando assim os custos e os resultados financeiros entre as empresas, além claro de desestimularem o processo da LR.

Ambas as recicladoras têm o processo de reciclagem como produto final de seus negócios e, portanto, focam nos aspectos econômicos do TBL, pois para elas o negócio precisa ser acima de tudo rentável. Para elas a obrigatoriedade de reciclagem de baterias de chumbo-ácido é excelente, pois o volume a ser reciclado tende a aumentar e, com isso, seus resultados econômicos também devem melhorar, pois está diretamente associado ao volume reciclado.

A preocupação, principalmente para a recicladora 2, é que a crise dos últimos anos fez com que as empresas reduzissem os investimentos, tanto em capacidade e tecnologia produtiva, bem como nos meios de controle ambiental e que a degradação atual dos equipamentos pode gerar um gargalo para reciclar maiores volumes.

Para os distribuidores e revendedores analisados, a atividade principal de seus negócios está relacionada a venda da bateria e, portanto, focam no aspecto econômico do TBL.

Os distribuidores reclamaram que houve aumento nos seus custos, devido à complexidade na gestão do processo da venda e da logística reversa. Já os revendedores informaram que não tiveram aumento nos seus custos, pois o gerenciamento é relativamente simples e a maioria dos distribuidores apoiam com planilhas de controle sobre o que foi vendido e retornado para a reciclagem.

No entanto, a maioria dos entrevistados, tanto nos distribuidores como nos revendedores, afirmaram que os resultados financeiros eram melhores quando eles eram desobrigados de devolver as sucatas aos fabricantes de baterias, pois eles conseguiam melhores negociações comerciais com as recicladoras, cooperativas e até mesmo com os fabricantes. A atual política comercial facilitou o processo, reduziu os riscos para os comerciantes, mas gerou impacto negativo em seus resultados.

Um ponto comum entre fabricantes, recicladoras e revendas é que a reciclagem das baterias de chumbo-ácido traz diversos benefícios para o meio ambiente, com a preservação de

recursos naturais e a diminuição da poluição ambiental. Além disto, o processo da LR e da reciclagem também gera diversas oportunidades de trabalho e negócios, contribuindo com a sociedade e com a economia de muitas cidades.

6.3.2 Processos de reciclagem

O fabricante 1 realiza internamente todo o processo de reciclagem. Esta atividade começou a ser executada logo após a abertura da empresa, por volta de 1965. É óbvio que em todos estes anos a empresa mudou muito e hoje conta com uma unidade exclusiva para este processamento. O processo adotado é bastante similar a qualquer empresa de reciclagem, iniciando pela quebra das baterias, segregação dos principais materiais (ácido sulfúrico, plástico e chumbo), transformação do plástico em novos grânulos e a fundição do chumbo em fornos pirometalúrgicos, criando assim o chumbo secundário. A empresa investe continuamente na unidade de reciclagem, buscando aumentar sua produtividade, reduzir seus custos operacionais e atender a todos os requisitos ambientais.

A empresa não tem planos para substituir o processo pirometalúrgico, pois entende que seu processo é bastante eficiente e que atende as demandas ambientais, porém reforça que é necessário constante monitoramento e manutenção, em especial dos filtros das chaminés.

O fabricante 2 tem uma política diferente e sempre realizou o processo de reciclagem das baterias exauridas em prestadores de serviço, atualmente com 03 empresas homologadas e autorizadas a processar seus resíduos. A decisão pela terceirização foi feita no início da operação da empresa, ainda pelos antigos proprietários, em função da necessidade de redução de investimentos e pela incerteza se a reciclagem seria realmente uma boa solução técnica e econômica.

Os novos proprietários já fizeram estudos para avaliar a viabilidade técnica e econômica para a criação de uma empresa própria de reciclagem e abandonaram o projeto, principalmente por três motivos: alta complexidade burocrática em abrir uma empresa para esta finalidade, proibição de abertura de empresas desse tipo no estado de São Paulo e, por fim, pelos altos investimentos necessários.

Outros pontos importantes citados pelo proprietário é que as empresas prestadoras de serviço atendem perfeitamente a demanda técnica da empresa, trabalham com preços competitivos pela prestação de serviço e são as responsáveis por todo o controle ambiental de

suas operações, diminuindo assim a responsabilidade do fabricante. O ponto crítico é que são empresas de pequeno porte e muito suscetíveis às crises econômicas, razão pela qual a empresa tem firmado contrato com três empresas diferentes e mantém contato com outras.

As duas empresas de reciclagem avaliadas são prestadoras de serviço do fabricante 2, porém nenhuma delas tem contrato de exclusividade, assim, também fazem reciclagem de baterias para outros fabricantes.

As duas empresas têm o processo de reciclagem muito similar. Nenhuma das duas empresas tem processo para reciclagem do ácido sulfúrico e plástico. O ácido sulfúrico é revendido para empresas especializadas e o plástico é apenas triturado, lavado e devolvido aos fabricantes de baterias. Com relação ao chumbo, as duas empresas utilizam fornos pirometalúrgicos para fundição do chumbo em lingotes de diferentes pesos, de acordo com o especificado pelo cliente.

As empresas não têm nenhuma intenção de mudar o processo de fundição, pois entendem que o processo é bastante robusto, usado pela grande maioria das empresas que fundem qualquer tipo de material metálico e que o controle ambiental, embora extremamente caro, é possível de ser realizado. As duas empresas têm limitadas informações sobre outros processos.

A posição das 04 empresas (dois fabricantes e as duas recicladoras) em manter o processo pirometalúrgico, vem ao encontro de diversos estudos, por exemplo na Coréia do Sul, Jeong e Kim (2017) concluíram que a maioria das empresas de reciclagem de baterias utilizam processos pirometalúrgicos, pois os processos eletroquímicos apresentam alto consumo de energia e altos investimento em instalações. Além disso, como a fonte de eletricidade é baseada em combustíveis fósseis, os benefícios ecológicos são menores devido às emissões de poluentes.

Na China, Tian (2017), realizou estudo comparativo entre 05 processos de fundição do chumbo, sendo 03 métodos tradicionais e 02 mais inovadores e concluiu que os métodos mais inovadores apresentam maiores custos de produção. Segundo Sun (2017) o processo pirometalúrgico ainda é a principal tecnologia usada nas empresas de reciclagem da China. As novas tecnologias baseadas em hidrometalurgia ainda estão no estágio de incubação. De acordo com Zhang (2016) novas tecnologias, como a técnica eletrolítica ou técnica eletro-hidrometalúrgica estão sendo estudadas, no entanto, apesar de reduzirem a emissão de

particulados de chumbo na atmosfera, as novas tecnologias requerem maior consumo de energia elétrica e água, além de maiores investimentos em infraestrutura.

6.3.3 Plano de incentivos

Os dois fabricantes de baterias adotam práticas bem similares para incentivar e obter uma melhor taxa de coleta de seus distribuidores e varejistas. Estes incentivos estão associados a políticas comerciais, onde os fabricantes oferecem melhores preços ou condição de pagamento, sempre que houver a devolução das baterias exauridas.

Desta forma, cada fabricante faz um controle sobre o saldo entre baterias vendidas no mercado de reposição e baterias retornadas por cada distribuidor ou varejista e trabalha com os preços de acordo com o percentual retornado.

Outra forma usada para incentivar os distribuidores e varejistas a trabalhar com a LR é através de treinamentos sobre a importância ambiental da reciclagem e os riscos e perigos existentes em um descarte inapropriado. As empresas também fornecem banners e folhetos para facilitar a comunicação e divulgação para os clientes finais.

Os fabricantes reclamam da falta de incentivos financeiros por parte do governo no processo de LR, pois todos os processos produtivos, logísticos e de reciclagem, ficaram mais onerosos e não houve nenhuma contrapartida, seja com redução de impostos ou melhores taxas de financiamento para novos investimentos.

Ambos os fabricantes afirmam que uma atuação mais efetiva do governo na divulgação dos riscos e perigos de um descarte inapropriado, entre outras medidas, iria motivar o cliente a realizar a devolução da bateria exaurida. Os fabricantes também alegam que uma fiscalização mais eficiente no processo dos pequenos fabricantes, fazendo com que eles também cumpram metas de recuperação das baterias inservíveis e realizem a reciclagem delas, tornaria o processo mais equilibrado e proporcionaria um aumento nas coletas.

Para os distribuidores e revendedores, uma melhor taxa de retorno das baterias inservíveis está diretamente associada a uma melhor política comercial. No entendimento deles, boa parte dos clientes finais não tem informação e conhecimento dos riscos ambientais envolvidos em um descarte inapropriado e, portanto, focam muito mais em suas vantagens comerciais na hora da substituição da bateria de seus veículos e em alguns casos ficam com a bateria velha para uso domiciliar ou para tentar revender por um melhor preço.

De acordo com os varejistas, mesmo com todas as dificuldades, a taxa de coleta está melhorando anualmente, pois a prática de revender baterias em ferros velhos, pequenas lojas ou outros intermediários tem diminuído, seja pela dificuldade que estes intermediários têm para revender a sucata para as empresas recicladoras, seja pelo aumento no conhecimento ambiental, ou ainda pelas melhores ofertas comerciais para realizar a troca.

Os distribuidores e lojistas afirmam que o processo atual da LR gera menores receitas para o negócio deles e que todas as vantagens financeiras acabam ficando com os produtores, que recebem a sucata por um baixo custo. Os varejistas alegam que os incentivos financeiros recebidos dos fabricantes foi se deteriorando com o passar do tempo, por causa da inflação ou pelo preço dos novos produtos.

Sasikumar (2011) concluiu que as empresas devem fornecer incentivos adequados aos clientes e/ou varejistas para recuperar um maior volume de baterias exauridas, aumentando assim a sua competitividade, se tornando ecologicamente corretos e, também, sendo capazes de aumentar o lucro. Segundo De Giovanni (2018) o incentivo entre os envolvidos na cadeia faz com que a taxa de retorno das baterias exauridas aumente, permitindo que o CLSC tenha um melhor desempenho do ponto de vista ambiental e social. O resultado econômico pode variar de acordo com a política de incentivos criada.

6.3.4 Penalizações

Os dois fabricantes estão sujeitos a diversos tipos de penalização durante todo o processo produtivo e na logística reversa. No processo produtivo, incluindo o processo de reciclagem para o fabricante 1, as empresas devem atender a todos os requisitos ambientais no controle da poluição atmosférica, fluvial e do solo, além das demais legislações vigentes em todo o país com relação a leis trabalhistas, tributárias etc.

Especificamente sobre as leis e regulamentos ambientais, no caso de não cumprimento dos limites máximos permissíveis de contaminação ambiental, as empresas estão sujeitas desde o pagamento de multas, interrupção temporária e setorial da empresa, até o fechamento da organização, isto para casos do descumprimento das principais legislações e sem ter um plano de recuperação ao dano causado ao meio ambiente ou a sociedade.

Com relação a LR e reciclagem, os fabricantes devem respeitar o acordo setorial firmado em 2019, que estabelece índices para a coleta e retorno de baterias exauridas por região do País, cabendo inicialmente a aplicação de multas no caso de descumprimento das taxas, podendo chegar a suspensão das suas atividades produtivas e comerciais.

Junto a seus distribuidores e revendedores, no caso de não atendimento das taxas de retorno acordados, os fabricantes se valem de contratos comerciais, diminuindo em um primeiro momento os descontos para as baterias comercializadas e podendo chegar até a suspensão, temporária ou definitiva, da venda para aquele comerciante. O fabricante 1, como tem uma rede própria de distribuição, também aplica penalizações administrativas para os responsáveis por cada distribuidora.

As recicladoras precisam manter suas licenças de operação válidas e garantir que estão atendendo todas as legislações ambientais vigentes em sua região. Caso as recicladoras superem os limites de poluição permitido, caberá a elas as penalidades impostas pelo governo e pelos órgãos de fiscalização, como multas, recuperação ao dano causado ao meio ambiente e/ou sociedade e até encerramento das suas atividades. Às recicladoras não cabe nenhuma responsabilidade sobre os índices de coleta de baterias exauridas no mercado, sendo esta responsabilidade exclusiva dos fabricantes.

Para os distribuidores e varejistas as penalidades são menores e normalmente diretamente ligadas ao produtor, que de fato é o responsável em coletar e reciclar as baterias. Desta forma, as penalidades mais comuns atribuídas aos distribuidores estão relacionadas a políticas comerciais, podendo ter redução nos descontos ou, em último caso, a suspensão temporária ou total de fornecimento.

Segundo Zhang (2016) todas as empresas chinesas de reciclagem de baterias precisaram obter novas licenças ambientais atendendo as novas legislações. Isto levou ao fechamento de cerca de 70% das empresas de reciclagem no País. Na Coréia do Sul, segundo Jeong e Kim (2017) as multas aplicadas às empresas recicladoras que não atendem as legislações ambientais são muito mais caras do que o próprio processo de reciclagem e isso fez com que a maioria das empresas se adequassem as novas normas.

7 CONCLUSÕES

A preocupação ambiental é uma realidade mundial e muitos esforços têm sido realizados para minimizar os impactos causados, entre outros fatores, pela escassez de recursos naturais e pelo aumento da poluição do ar, água e solo. Associado a preservação ambiental, a preocupação também é crescente com os custos envolvidos e o resultado econômico, além do tratamento do capital humano de uma empresa ou sociedade. Estes três pontos importantes formam o *triple bottom line*, ou seja, o tripé da sustentabilidade que corresponde aos resultados de uma organização medidos em termos ambientais, sociais e econômicos.

O ciclo de CLSC tem um papel fundamental neste processo e se torna ainda mais importante quando trata de produtos perigosos, ou seja, todo produto que tenha potencial de causar danos ou apresentar risco à saúde, segurança e meio ambiente. Este é o caso das baterias de chumbo-ácido, que são formadas, em média, com 65% do seu peso em chumbo, sendo este um dos mais perigosos metais tóxicos e extremamente danoso, se absorvido pelo organismo.

Este estudo avaliou o processo de CLSC de baterias de chumbo-ácido envolvendo dois fabricantes nacionais, duas empresas de reciclagem e oito distribuidores e varejistas, distribuídos em quatro estados. O estudo também avaliou a evolução das legislações vigentes no Brasil que envolvem descarte ou recuperação de baterias e, embora a legislação esteja em evolução há mais de três décadas, na prática o problema do descarte das baterias ainda está longe de ser totalmente resolvido.

De forma geral, o processo de CLSC de baterias de chumbo-ácido, em especial os processos de LR e reciclagem, ainda são incipientes no Brasil. Houve uma grande evolução nos últimos anos, passando de uma fase de gerenciamento e iniciativa de poucas empresas, para um processo robusto e estruturado pelo Governo Federal, através do Ministério do Meio Ambiente.

A assinatura do acordo setorial, em agosto de 2019, envolvendo alguns fabricantes, empresas de reciclagem, sindicatos, associações e órgãos de gerenciamento e controle, foi um marco importante neste tema. Este acordo certamente motivará melhores resultados nas taxas de reciclagem e consequentemente redução nos descartes inapropriados.

As maiores empresas fabricantes de baterias de chumbo-ácido são fomentadoras do processo e da importância de se realizar a logística reversa e a reciclagem, reduzindo o consumo de chumbo primário, reduzindo os níveis de poluição e contaminação ambiental, melhorando a

qualidade e a saúde de seus funcionários e da comunidade vizinha e, claro, buscando otimizar os seus processos para melhorar os resultados econômicos.

No entanto, infelizmente o acordo setorial ainda não inclui todas as empresas produtoras de bateria de chumbo-ácido, o que desestimula toda a cadeia. Existe uma pressão dos grandes fabricantes para que as regras sejam comuns a todas as empresas, tendo assim controles compatíveis para todos os envolvidos e, portanto, com custos equivalentes e uma competição mais justa no mercado.

Considerando o *triple bottom line* foi evidenciado que as empresas avaliadas têm pontos de vista diferentes sobre cada aspecto.

- **Aspectos Ambientais:**

Os aspectos ambientais são os mais relevantes apenas para os dois fabricantes, pois além da necessidade de cumprirem diversas legislações, referente a níveis de poluição e taxas de recuperação das baterias exauridas, os mesmos dependem do chumbo secundário para a produção de novas baterias.

Para as duas empresas de reciclagem, os aspectos ambientais são exigências legais e, portanto, devem ser cumpridas, com risco de terem suas licenças de funcionamento suspensas ou canceladas em caso de graves desvios.

Apesar dos distribuidores e varejistas terem um papel fundamental no processo da logística reversa os mesmos têm uma responsabilidade limitada no aspecto ambiental, pois cabe a eles apenas fazer a coleta da sucata e devolver as mesmas para os fabricantes.

- **Aspectos Sociais:**

Os aspectos sociais não se mostraram ser os mais relevantes para nenhuma das empresas avaliadas.

Os fabricantes de baterias têm diversas iniciativas sociais que colaboram positivamente para o desenvolvimento da região onde atuam, principalmente com projetos de formação escolar, seja no nível técnico ou na formação superior.

As duas empresas de reciclagem têm uma parcela modesta no aspecto social. A recicladora 1 somente apoia algumas atividades locais de desenvolvimento e formação de

jovens, enquanto a recicladora 2 não tem nenhum projeto, no entanto ela está instalada em uma área distante da comunidade.

As empresas comerciais contribuem com a divulgação dos benefícios da realização da LR e da reciclagem, informam sobre os riscos e perigos com a disposição incorreta das baterias inservíveis e atuam como fontes de recolhimento das sucatas de baterias.

- **Aspectos Econômicos:**

Do ponto de vista econômico, os dois fabricantes divergem sobre o resultado obtido com o processo de LR e reciclagem.

O fabricante 1 afirma que os custos envolvidos com o gerenciamento, transporte e todo o processo de reciclagem geram um resultado economicamente negativo para a empresa. Já o fabricante 2 entende que mesmo com os altos custos envolvidos, normalmente o processo da LR traz resultados econômicos viáveis para a empresa. No entanto, este resultado depende de uma série de fatores como os custos com mão de obra, energia elétrica, transportes etc., comparados com o preço do chumbo no mercado internacional.

Para os recicladores o processo de reciclagem das baterias é o produto final de suas empresas, portanto, o foco deles é no aspecto econômico, ou seja, a operação de reciclagem precisa ser lucrativa. Desta forma é fundamental achar um ponto de equilíbrio entre sustentabilidade e resultado financeiro.

Os distribuidores e varejistas também tem o aspecto econômico como pilar fundamental de suas organizações, pois o objetivo básico das empresas é vender as baterias para o mercado consumidor e obter um determinado lucro nesta operação.

8 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

Esta dissertação foi realizada através de um estudo de múltiplos casos de caráter exploratório da cadeia automotiva brasileira envolvida na fabricação, venda, logística reversa e reciclagem de baterias de chumbo-ácido. Foi avaliado o maior fabricante de baterias da América Latina e um dos maiores fabricantes brasileiros dedicados ao mercado de reposição. Também foram avaliadas duas empresas dedicadas a reciclagem das baterias de chumbo-ácido e oito empresas comerciais, entre distribuidores e lojistas.

Os resultados encontrados foram obtidos através de empresas de grande porte e grande representatividade no Brasil, e, portanto, os mesmos representam uma amostra bastante considerável do status da logística reversa de baterias de chumbo-ácido no País.

Como sugestão de pesquisas futuras seria interessante um estudo exploratório em empresas produtoras de baterias de chumbo-ácido de pequeno porte, avaliando o seu desempenho nos controles ambientais e na logística reversa. Esta avaliação é interessante pois estas empresas menores não fazem parte do acordo setorial e, segundo os grandes fabricantes, as mesmas não sofrem um monitoramento tão intensivo dos órgãos fiscalizadores.

Uma modelagem matemática para determinar os melhores locais para consolidação das baterias exauridas, melhor recicladora a ser utilizada, lotes mínimos, tipos de transporte etc., poderá contribuir para melhorar o resultado financeiro das empresas fabricantes de baterias que tem o processo de reciclagem terceirizado.

Outra sugestão para pesquisa futura é realizar uma pesquisa similar a essa para baterias fabricadas com outros materiais, por exemplo baterias de Lítio, que estão sendo usadas para veículos elétricos e com tendência de forte crescimento nos volumes de produção.

REFERÊNCIAS

AHMADI, H. B.; KUSI-SARPONG, S.; REZAEI, J. **Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method**. Resources, Conservation and Recycling, v. 126, p. 99-106, 2017.

ASSEMBLÉIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2016 (United Nations Environment Assembly, 2016). Resolution 2/7.
Disponível em:
>http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11183/K1607167_UNEPEA2_RES7E.pdf?. Acesso em 20 fev 2019

BAI, C., KUSI-SARPONG, S., BADRI AHMADI, H., e SARKIS, J. **Social sustainable supplier evaluation and selection:** a group decision-support approach. International Journal of Production Research, p. 1-22, 2019.

BATTERY COUNCIL INTERNATIONAL. Disponível em: <https://batterycouncil.org/. Acesso em 18 mar. 2019

BOCKEN, N. M.; SHORT, S. W.; RANA, P., e EVANS, S. **A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes.** Journal of cleaner production, v. 65, p. 42-56, 2014.

BRASIL. Decreto Nº 9.177, de 23 de Outubro de 2017. Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Brasília, DF, 23 de outubro de 2017. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9177.htm Acesso em: 14 set. 2019

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 31 de agosto de 1981. Disponível em:
< http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313. Acesso em: 14 set. 2019

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 12 de fevereiro de 1998. Disponível em:
< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 14 set. 2019

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em:
<www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636. Acesso em: 24 mar. 2019

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 401, de 04 de Novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento adequado, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em:
www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589. Acesso em: 24 mar. 2019

BRAZ, A. C., DE MELLO, A. M., DE VASCONCELOS GOMES, L. A., e DE SOUZA NASCIMENTO, P. T. **The bullwhip effect in closed-loop supply chains:** A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, v. 202, p. 376-389, 2018.

BRUNDTLAND, G.H. **World Commission on Environment and Development**. In: Our Common Future, pp. 8e9, 1987.

CHOPRA, S., MEINDL, P. **Supply chain management:** Strategy, planning and operation (4th ed.). Pearson Prentice Hall Inc. ISBN 81-7758-003-5, 2010.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS – CSCMP Disponível em: <https://cscmp.org/ Acesso em: 26 mar. 2019

DANIEL, S. E.; PAPPIS, C. P.; VOUTSINAS, T. G. **Applying life cycle inventory to reverse supply chains:** a case study of lead recovery from batteries. Resources, Conservation and Recycling, v. 37, n. 4, p. 251-281, 2003.

DE FREITAS, C. U. et al.; **Lead exposure in an urban community:** investigation of risk factors and assessment of the impact of lead abatement measures. Environmental Research, v. 103, n. 3, p. 338-344, 2007.

DE GIOVANNI, P.; REDDY, P. V.; ZACCOUR, G. **Incentive strategies for an optimal recovery program in a closed-loop supply chain.** European Journal of Operational Research, v. 249, n. 2, p. 605-617, 2016.

DE GIOVANNI, P. **A joint maximization incentive in closed-loop supply chains with competing retailers:** The case of spent-battery recycling. European Journal of Operational Research, v. 268, n. 1, p. 128-147, 2018.

DEVUYST, D.; HENS, L.; DE LANNOY, W. **How green is the city.** Sustainability Assessment and the Management of Urban Environments, v. 37, p. 37, 2001.

Diretiva 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL Disponível em: < http://data.europa.eu/eli/dir/2002/95/oj Acesso em: 12 abr. 2019

EISENHARDT, K. M. **Building theories from case study research**. Academy of management review, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ELKINGTON, J. **Towards the sustainable corporation:** Win-win-win business strategies for sustainable development. California management review, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.

ETIANG', N. A. et al. **Environmental Assessment and Blood Lead Levels of Children in Owino Uhuru and Bangladesh Settlements in Kenya.** Journal of Health Pollution, v. 8, n. 18, p. 180605, 2018.

FRANÇA, C.L. et al. **An approach to business model innovation and design for strategic sustainable development.** Journal of Cleaner Production, v. 140, p. 155-166, 2017.

GALPIN, T.; WHITTTINGTON, J. L.; BELL, G. **Is your sustainability strategy sustainable?** Creating a culture of sustainability. Corporate Governance, v. 15, n. 1, p. 1-17, 2015.

GAUR, J.; MANI, V. **Antecedents of closed-loop supply chain in emerging economies:** a conceptual framework using stakeholder's perspective. Resources, Conservation and Recycling, v. 139, p. 219-227, 2018.

GEORGIADIS, P.; BESIOU, M. **Environmental and economical sustainability of WEEE closed-loop supply chains with recycling:** a system dynamics analysis. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 47, n. 5-8, p. 475-493, 2010.

GHADIMI, P.; WANG, C.; LIM, M. K. **Sustainable supply chain modeling and analysis:** Past debate, present problems and future challenges. Resources, Conservation and Recycling, v. 140, p. 72-84, 2019.

GHAHREMANI-NAHR, J.; KIAN, R.; SABET, E. **A robust fuzzy mathematical programming model for the closed-loop supply chain network design and a whale optimization solution algorithm.** Expert Systems with Applications, v. 116, p. 454-471, 2019.

GIMENEZ, Cristina; TACHIZAWA, Elcio M. **Extending sustainability to suppliers: a systematic literature review.** Supply Chain Management: an international journal, v. 17, n. 5, p. 531-543, 2012.

GMELIN, H.; SEURING, S. **Determinants of a sustainable new product development.** Journal of Cleaner production, v. 69, p. 1-9, 2014.

GOTTESFELD, P.; POKHREL, A. K. **Review: Lead exposure in battery manufacturing and recycling in developing countries and among children in nearby communities.** Journal of occupational and environmental hygiene, v. 8, n. 9, p. 520-532, 2011.

GOTTESFELD, P. et al. **Soil contamination from lead battery manufacturing and recycling in seven African countries.** Environmental research, v. 161, p. 609-614, 2018.

GOVINDAN, K., SOLEIMANI, H., e KANNAN, D. **Reverse logistics and closed-loop supply chain:** A comprehensive review to explore the future. European Journal of Operational Research, 240(3), 603-626, 2015.

GOVINDAN, K. et al. **Accelerating the transition towards sustainability dynamics into supply chain relationship management and governance structures.** Journal of cleaner production, v. 112, p. 1813-1823, 2016.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H. **A review of reverse logistics and closed-loop supply chains:** a Journal of Cleaner Production focus. Journal of Cleaner Production, v. 142, p. 371-384, 2017.

GUIDE JR, VDR.; VAN WASSENHOVE, L. N. **The evolution of closed-loop supply chain research**. Operations research, v. 57, n. 1, p. 10-18, 2009.

GUIDE, V. D. R.; HARRISON, T. P.; VAN WASSENHOVE, L. N. **The challenge of closed-loop supply chains**. Interfaces, v. 33, n. 6, p. 3-6, 2003.

GUPTA, S. M. **Reverse supply chains:** issues and analysis. CRC Press, 2016.
HAAKE, H.; SEURING, S. **Sustainable procurement of minor items–exploring limits to sustainability.** Sustainable development, v. 17, n. 5, p. 284-294, 2009.

HAHN, Tobias et al. **Trade-offs in corporate sustainability: you can't have your cake and eat it.** Business Strategy and the Environment, v. 19, n. 4, p. 217-229, 2010.

HAHN, Tobias et al. **Tensions in corporate sustainability: Towards an integrative framework.** Journal of Business Ethics, v. 127, n. 2, p. 297-316, 2015.

HAMMOND, D.; BEULLENS, P. **Closed-loop supply chain network equilibrium under legislation**. European journal of operational research, v. 183, n. 2, p. 895-908, 2007.

HASANOV, P.; JABER, M. Y.; TAHIROV, N. **Four-level closed loop supply chain with remanufacturing**. Applied Mathematical Modelling, v. 66, p. 141-155, 2019.

HAZARDOUS WASTE ACT, 1989. Disponível em: <http://environment.gov.au/protection /publications/hazardous-waste-act-competition-policy-review. Acesso em: 10 mar. 2019

HONG, I.H.; LEE, Y.; CHANG, P. **Socially optimal and fund-balanced advanced recycling fees and subsidies in a competitive forward and reverse supply chain.** Resources, Conservation and Recycling, v. 82, p. 75-85, 2014.
HUTCHINS, M. J.; SUTHERLAND, J. W. **An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions.** Journal of Cleaner Production, v. 16, n. 15, p. 1688-1698, 2008.

ICZ – Instituto de Metais Não Ferrosos
Disponível em: <http://www.icz.org.br/chumbo-caracteristicas-tecnicas.php Acesso em: 12 abr. 2019

ILZSG - International Lead and Zinc Study Group.
Disponível em: <http://www.ilzsg.org/static/statistics.aspx?from=1 Acesso em: 04 abr. 2019

ISO 9001: Quality Management Systems. International Organization for Standardization, 2015. Disponível em: < https://www.iso.org/standard/62085.html Acesso em: 10 abr. 2019

ISO 14001: Environmental Management Systems. International Organization for Standardization, 2015. Disponível em: < https://www.iso.org/standard/60857.html Acesso em: 10 abr. 2019

ISO 45001: Occupational Health and Safety Management Systems. International Organization for Standardization, 2018.
Disponível em: < https://www.iso.org/standard/63787.html Acesso em: 10 abr. 2019

ISO TS16949: QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS - Particular requirements for the application of ISO 9001 for automotive production and relevant service part organizations. International Organization for Standardization, 2009.
Disponível em: < https://www.iso.org/standard/52844.html Acesso em: 10 abr. 2019

JABBOUR, A. B., et al. **Mixed methodology to analyze the relationship between maturity of environmental management and the adoption of green supply chain management in Brazil.** Resources, Conservation and Recycling, v. 92, p. 255-267, 2014.

JEIHOONIAN, M.; ZANJANI, M. K.; GENDREAU, M. **Closed-loop supply chain network design under uncertain quality status:** Case of durable products. International Journal of Production Economics, v. 183, p. 470-486, 2017.

JEONG, K.; KIM, J. G. **Lead acid battery recycling and material flow analysis of lead in Korea.** Journal of Material Cycles and Waste Management, p. 1-7, 2017.

KANNAN, G., SASIKUMAR, P., e DEVIKA, K. **A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model:** A case of battery recycling. Applied Mathematical Modelling, v. 34, n. 3, p. 655-670, 2010.

KARLSSON, C. (Ed.). **Research methods for operations management**. Routledge, 2016.

KHOR, K.; UDIN, Z. M. **Impact of reverse logistics product disposition towards business performance in Malaysian E&E companies.** Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management, v. 2012, p. 1, 2012.

LINTON, J. D.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. **Sustainable supply chains:** An introduction. Journal of operations management, v. 25, n. 6, p. 1075-1082, 2007.

LOZANO, R. **Envisioning sustainability three-dimensionally.** Journal of cleaner production, v. 16, n. 17, p. 1838-1846, 2008.

MA, W.; ZHAO, Z.; KE, H. **Dual-channel closed-loop supply chain with government consumption-subsidy.** European Journal of Operational Research, v. 226, n. 2, p. 221-227, 2013.

MASOUDIPOUR, E.; AMIRIAN, H.; SAHRAEIAN, R. **A novel closed-loop supply chain based on the quality of returned products.** Journal of cleaner production, v. 151, p. 344-355, 2017.

MAY, G. J.; DAVIDSON, A.; MONAHOV, B. **Lead batteries for utility energy storage:** A review. Journal of Energy Storage, v. 15, p. 145-157, 2018.

MIGUEL, P.A.C.. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** São Paulo: Editora Elsevier, p. 280, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA - **ACORDO SETORIAL DE BATERIAS**, Brasília, DF, 2019
Disponível em: https://www.mma.gov.br/informma/item/15571-mma-assina-acordo-setorial-de-baterias.html Acesso em: 14 set. 2019

PAN, H. et al. **Sustainability evaluation of secondary lead production from spent lead acid batteries recycling.** Resources, Conservation and Recycling, v. 140, p. 13-22, 2019.

PANDA, S.; MODAK, N. M.; CÁRDENAS-BARRÓN, L. E. **Coordinating a socially responsible closed-loop supply chain with product recycling.** International Journal of Production Economics, v. 188, p. 11-21, 2017.

PHILLIPS, M. J.; LIM, S. S. **Secondary lead production in Malaysia.** Journal of power sources, v. 73, n. 1, p. 11-16, 1998.

POPE, J., et al. **Reconceptualising sustainability assessment.** Environmental impact assessment review, v. 62, p. 205-215, 2017.

PRENGAMAN, R. D.; ELLIS, T. W. **12th International Battery Material & Recycling Seminar**. Fort Lauderdale, FL, 2008.

QUARIGUASI, J. et al. **From closed-loop to sustainable supply chains:** the WEEE case. International Journal of Production Research, v. 48, n. 15, p. 4463-4481, 2010.

QUINN, L.; DALTON, M. **Leading for sustainability:** implementing the tasks of leadership. Corporate Governance: The international journal of business in society, v. 9, n. 1, p. 21-38, 2009.

ROGERS, D. S., & TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards:** Reverse logistics trends and practices. Center for Logistics Management, University of Nevada, Reno, Reverse Logistics Executive Council. 1998.

SASIKUMAR, P.; HAQ, A. N. **Integration of closed loop distribution supply chain network and 3PRLP selection for the case of battery recycling.** International Journal of Production Research, v. 49, n. 11, p. 3363-3385, 2011.

SAVITZ, A. **The triple bottom line:** how today's best-run companies are achieving economic, social and environmental success-and how you can too. John Wiley & Sons, 2013.

SEURING, S.; MÜLLER, M. **From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management.** Journal of cleaner production, v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008.

SEURING, S.; GOLD, S. **Sustainability management beyond corporate boundaries:** from stakeholders to performance. Journal of Cleaner Production, v. 56, p. 1-6, 2013.

SKINNER, L. R.; BRYANT, P. T.; GLENN RICHEY, R. **Examining the impact of reverse logistics disposition strategies.** International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 38, n. 7, p. 518-539, 2008.

STINDT, D.; SAHAMIE, R.. **Review of research on closed loop supply chain management in the process industry.** Flexible Services and Manufacturing Journal, v. 26, n. 1-2, p. 268-293, 2014.

STOCKLEY, D., e BALKWILL, L. **Raising awareness of research ethics in SoTL:** The role of educational developers. Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 4(1), Article 7, 2013.

STUART, I. et al. **Effective case research in operations management:** a process perspective. Journal of operations management, v. 20, n. 5, p. 419-433, 2002.

SUBULAN, K.; TAŞAN, A. S.; BAYKASOĞLU, A. **A fuzzy goal programming model to strategic planning problem of a lead/acid battery closed-loop supply chain.** Journal of Manufacturing Systems, v. 37, p. 243-264, 2015.

SUBULAN, K. et al. **A case-oriented approach to a lead/acid battery closed-loop supply chain network design under risk and uncertainty**. Journal of Manufacturing Systems, v. 37, p. 340-361, 2015.

SUN, Z. et al. **Spent lead-acid battery recycling in China** – A review and sustainable analyses on mass flow of lead. Waste Management, v. 64, p. 190-201, 2017.

THE LEAD GROUP INCORPORATED. Disponível em: http://www.lead.org.au/ Acesso: 14 abr. 2019

TIAN, X. et al. **Management of used lead acid battery in China:** Secondary lead industry progress, policies and problems. Resources, Conservation and Recycling, v. 93, p. 75-84, 2014.

TIAN, X. et al. **Environmental impact and economic assessment of secondary lead production:** comparison of main spent lead-acid battery recycling processes in China. Journal of Cleaner Production, v. 144, p. 142-148, 2017.

TOSARKANI, B. M.; AMIN, S. H. **A possibilistic solution to configure a battery closed-loop supply chain:** Multi-objective approach. Expert Systems with Applications, v. 92, p. 12-26, 2018.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, ATSDR, Public Health Assessment for U.S. Smelter and Lead Refinery, Inc., (a/k/a USS Lead Refinery Inc.,) East Chicago, Indiana, 2016.

USGS – Science for a changing world. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2019/mcs2019.pdf. Acesso em 04/04/2019

VAHDANI, B.; ZANDIEH, M.; ROSHANAEI, V. **A hybrid multi-stage predictive model for supply chain network collapse recovery analysis:** a practical framework for effective supply chain network continuity management. International Journal of Production Research, v. 49, n. 7, p. 2035-2060, 2011.

VERHEEM, R. **Recommendations for sustainability assessment in the Netherlands**. Commission for EIA. Environmental Impact Assessment in the Netherlands. Views from the Commission for EIA in, 2002.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. **"Case research in operations management",** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22 Iss: 2 pp. 195 – 219, 2002.

WANG, C., MU, D., ZHAO, F., e SUTHERLAND, J. W. **A parallel simulated annealing method for the vehicle routing problem with simultaneous pickup–delivery and time windows.** Computers & Industrial Engineering, v. 83, p. 111-122, 2015.

WANG, F.; LAI, X.; SHI, N. **A multi-objective optimization for green supply chain network design.** Decision Support Systems, v. 51, n. 2, p. 262-269, 2011.

WANG, J. et al. **A bibliometric analysis of reverse logistics research (1992-2015) and opportunities for future research.** International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 47, n. 8, p. 666-687, 2017.

WANG, N.; HE, Q.; JIANG, B. **Hybrid closed-loop supply chains with competition in recycling and product markets.** International Journal of Production Economics, 2018.
WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, Bruntland Commission). Our common future. Report of the world commission on environment and development, 1987.

WOLF, J. **Sustainable supply chain management integration:** a qualitative analysis of the German manufacturing industry. Journal of Business Ethics, v. 102, n. 2, p. 221-235, 2011.

XIE, L.; MA, J. **Study the complexity and control of the recycling-supply chain of China's color TVs market based on the government subsidy.** Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, v. 38, p. 102-116, 2016.

YANG, J.; KUMAR, R. V.; SINGH, D. P. **Combustion synthesis of PbO from lead carboxylate precursors relevant to developing a new method for recovering components from spent lead–acid batteries.** Journal of Chemical Technology & Biotechnology, v. 87, n. 10, p. 1480-1488, 2012.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Penso Editora, 2016. I.S.B.N 9788584290826

ZHANG, F. et al. **Investigation and evaluation of children's blood lead levels around a lead battery factory and influencing factors.** International journal of environmental research and public health, v. 13, n. 6, p. 541, 2016.

ZHANG, W. et al. **A critical review on secondary lead recycling technology and its prospect.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 61, p. 108-122, 2016.

APÊNDICE A

I. Introdução

Baseado nos autores Miguel (2010) e Yin (2016), foi desenvolvido o protocolo de pesquisa que descreve os procedimentos básicos a serem utilizados para a pesquisa de campo. Este protocolo contém as informações úteis para o bom andamento da pesquisa, destacando o objetivo, a questão geral de mesma e o roteiro detalhado para o pesquisador.

II. Preparação prévia

Essa etapa é fundamental para que o pesquisador esteja preparado para o primeiro contato a ser feito com a empresa. Para esta preparação pode e deve ser consultado informações sobre a empresa disponibilizadas em sites, revistas, pessoas de contato e outras fontes confiáveis.

O primeiro contato na empresa poderá ser feito com o responsável pelo meio ambiente, pela logística ou pelo processo produtivo, se possível a nível gerencial. No primeiro contato é importante apresentar de forma sintética o objetivo geral da pesquisa, a sua natureza e a sua importância teórica e prática, e claro confirmar a possibilidade de participação da empresa.

III. Apresentação do projeto

Para apresentar o projeto de pesquisa para o interlocutor da empresa que será estudada, se faz necessário a elaboração de um material introdutório contendo os principais pontos da pesquisa e o seu embasamento teórico. O material pode ser enviado previamente ou apresentado no início da entrevista.

Este material deve ser composto basicamente com o modelo de pesquisa a ser adotado, o objetivo do estudo, as literaturas envolvidas, a questão geral da pesquisa, as variáveis a serem estudadas, os stakeholders avaliados, o tamanho da amostra e a delimitação do escopo.

IV. Confidencialidade

As informações coletadas serão tratadas com sigilo total, portanto, nome das empresas e das pessoas entrevistadas serão codificados. Outras informações que também se julgarem restritas serão adaptadas, convertidas, relativizadas, de forma a não revelar o seu conteúdo explicitamente.

V. Coleta de dados

O protocolo de pesquisa será utilizado pelo pesquisador no momento da coleta de dados, de forma a ser um guia geral para garantir que todo o planejamento de coleta de dados seja realizado e suportará a condução do desenvolvimento da pesquisa. As entrevistas poderão ser gravadas, mediante aprovação do entrevistado, e transcritas de forma a garantir que nenhuma informação seja desprezada.

De forma a cooperar com o entrevistado e buscando uma comunicação mais assertiva, o roteiro de entrevista poderá ser enviado previamente ao entrevistado. Contudo vale destacar que o protocolo serve apenas como ferramenta orientadora ao pesquisador.

Consulta a documentos, sistemas, observações em campo, conversas informais entre outros meios, podem ser utilizados para coleta de informações e evidências de forma a complementar as entrevistas realizadas.

VI. Roteiro do Protocolo

O protocolo de pesquisa foi dividido em diversas etapas para facilitar a coleta de dados e proporcionar um melhor entendimento da empresa, dos processos, dos controles ambientais, dos KPI’s, do processo de reciclagem etc.

Roteiro de pesquisa a ser adotado junto aos diversos stakeholders	
Nome da empresa: Qtde funcionários: Os distribuidores / varejistas são terceirizados?	Qtde unidades / local: A quanto tempo atua neste ramo?
Nome:	Função: Tempo empresa:

Nr	CODE	Pergunta
1	5A, 6A, 2E, 3E	De forma macro quais são as principais etapas do seu processo produtivo?
2	2A, 4E	De forma macro como funciona o processo de compra e venda de baterias?
3	1A, 2A, 1E	Qual é a participação de mercado da empresa?
4	1A, 2A, 1E	Qual a principal fonte do chumbo consumido? Qual a relação entre chumbo primário e chumbo secundário?
5	3A	Qual é organograma básico da empresa? Existe uma estrutura organizacional para tratar da sustentabilidade?
6	3A, 4A	Como esta estruturado e como funciona o gerenciamento ambiental da empresa? Como ele é debatido no dia a dia?
7	3A, 4A	Quais as principais normas, leis e regulamentos que a empresa precisa seguir, do ponto de vista da sustentabilidade?
8	4A	Quais os principais fatores ambientais controlados? Como e com qual frequência é realizado o controle?
9	3A, 4A	Como é feito o controle pelo governo para atendimentos às normas existentes? Qual a periodicidade?
10	2A, 3A	De quem é a responsabilidade pela recuperação das baterias exauridas no mercado?
11	3A	Como é a interface da empresa com órgãos reguladores e/ou certificadores?
12	3A, 4A	Quais as principais certificações que a empresa tem? (ISO 9000, ISO 14000, IATF, etc.)
13	4A, 4S, 1E	A empresa usa o conceito do triple bottom line (ambiental, social e econômico) quando avalia aspectos de sustentabilidade?
14	4A, 4S, 1E	Qual dos pilares do TBL é mais forte na organização? Por que? No passado esta visão era diferente?
15	4A, 4S, 1E	Como a empresa lida com o paradoxo de obter melhor resultado financeiro ou adotar melhores praticas de sustentabilidade?
16	3A, 4A, 4S, 1E	Existem KPIs para gerenciar a sustentabilidade? São discutidos em que fórum?
17	3A, 1E	Estes indicadores são enviados para órgãos certificadores e/ou governo?
18	2S, 6S	Como a empresa divulga e treina seus funcionários sobre regras e riscos ambientais?
19	5S, 6S	Como a empresa promove um melhor nível de conscientização dos funcionários sobre os riscos com o chumbo?

Nr	CODE	Pergunta
20	1S, 2S	Como é controlado a saúde e níveis de chumbo no sangue dos funcionários?
21	3S, 4S	É realizado algum controle ambiental na comunidade próxima da empresa?
22	3S, 4S, 6S	A empresa tem algum projeto social com a comunidade próxima?
23	3A, 2E, 4E, 5E	Como funciona, de forma macro, a logística reversa?
24	2E	O processo de reciclagem é feito internamente ou terceirizado?
25	2E, 3E	Como é o processo / workflow básico da reciclagem?
26	1E	O processo de reciclagem é economicamente viável?
27	6A, 3E	Quais as tecnologias usadas para fundição do chumbo?
28	3A, 4A, 5A, 5S	Quais os principais riscos ambientais no processo de reciclagem?
29	3A, 4E	Os clientes entendem a importância da devolução da bateria e os riscos ambientais se a mesma for descartada erroneamente?
30	4A, 1S, 4S, 1E	A recuperação de baterias usadas traz um resultado, econômico ou social, positivo para a empresa?
31	4E	O cliente é incentivado a deixar a bateria usada na loja?
32	4E	Existe alguma politica de incentivo para aumentar a taxa de retorno de baterias usadas?
33	4E	A empresa recebe algum incentivo financeiro para viabilizar a recuperação de baterias usadas?
34	2A, 3A	Qual o valor mínimo exigido pelo governo para recuperação? Qual o percentual em relação a quantidade vendida/consumida
35	2A, 3A	Como os pesos / volumes reciclados são monitorados pelo governo ou órgãos certificadores?
36	3A, 4E, 5E	Quais as estratégias usadas para conseguir atingir a taxa mínima exigida pelo governo?
37	3A, 4A, 5A, 1E	Quais os maiores obstáculos que a empresa enfrenta na recuperação das baterias?
38	5E	Existe punições / penalidades no caso do não cumprimento das taxas de retorno?
39	5E	Como a empresa lida com penalizações com seus distribuidores no caso do não atingimento mínimo da taxa de retorno?
40	3A, 4A, 5A, 1E	Quais os maiores obstáculos e dificuldades no processo de reciclagem do chumbo?
41	3A, 5E	As normas vigentes são aplicadas com o mesmo controle e rigor para todos os fabricantes nacionais?
42	1E	Se não houvesse uma regulamentação para o retorno, a empresa continuaria investindo neste processo?