

A Logística Reversa no tratamento de baterias automotivas de Chumbo-Ácido

Rick Vitalino Bombarda Soldera
Maria Valéria Pereira de Araújo

RESUMO

O estudo tem como objetivo geral a análise do modelo de logística reversa utilizado para tratar baterias automotivas de chumbo-ácido. E os seguintes objetivos específicos a serem considerados: identificação das características diferenciadoras do produto analisado; descrição do processo de logística reversa utilizado; avaliação das vantagens econômicas da reciclagem; e avaliação das vantagens ambientais da reciclagem.

O chumbo é um metal tóxico, pesado, empregado principalmente na fabricação de bateria de chumbo-ácido. Em seu estado primário é raramente encontrado na natureza, tendo a Galena (sulfeto) como o mineral mais comum encontrado com 86 % na sua composição.

A necessidade premente da reciclagem do chumbo dar-se-á:

- 1) Escassez das reservas minerais mundiais do chumbo, atingindo 222,1 milhões de toneladas, sendo que o Brasil produz apenas 0,7% da produção mundial;
- 2) Alta demanda de fabricação de baterias de chumbo-ácido para atender ao mercado nacional, especialmente a indústria automobilística;
- 3) Alto custo da matéria-prima e seu beneficiamento.

O trabalho compreende uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório.

Palavra-chave: Logística Reversa; Baterias Automotivas; Chumbo-Ácido.

1. INTRODUÇÃO

A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados por meio da organização e dos seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presentes e futuras com o atendimento dos pedidos a baixo custo (GOMES, 2004).

A preocupação com a logística a muito deixou de ser apenas uma questão de custos, mas passou a integrar a estratégia das organizações. Busca não apenas reduzir custos, mas agregar valor aos produtos e serviços da empresa, através do aumento da satisfação do cliente.

Mais recentemente uma modalidade de logística começa a tomar força: a Logística Reversa. Segundo o CSCMP (2009), “Logística Reversa é um segmento especializado da logística focalizado na movimentação e gerenciamento de produtos e recursos após a venda e entrega ao consumidor. Inclui produtos retornados para reparos ou devoluções”.

Mas porque a Logística Reversa está entrando em voga nas conversas no meio empresarial? Num primeiro momento, essa modalidade estava mais vinculada à coleta e retorno de produtos defeituosos, para que fossem então avaliados e dado o destino adequado. Com o aumento das exigências do mercado, aliada às regulamentações governamentais, os clientes estão cada vez mais cientes de seus direitos, e criou-se uma necessidade maior de gerenciamento desse fluxo de retorno na cadeia de suprimentos.

Mais recentemente, a Logística Reversa teve sua importância aumentada em virtude de leis ambientais mais rigorosas que, em todo o planeta, vem criando uma consciência preservacionista e fortalecendo a teoria dos recursos (naturais) finitos.

Diversas empresas tentam realizar campanhas motivacionais para a reciclagem de produtos do pós-consumo, porém nem sempre atingem as metas esperadas. Produtos quimicamente nocivos como pilhas e baterias, ao serem descartados, devem receber um tratamento especial para que não despejem no solo e, conseqüentemente, em lençóis freáticos, rios e lagos, produtos como chumbo, ácido e mercúrio, que são altamente nocivos ao ser humano e ao meio ambiente como um todo.

Portanto, o trabalho tem o intuito de responder o seguinte problema de pesquisa: Como funciona o processo Logístico Reverso para o tratamento de baterias automotivas de chumbo ácido?

Assim, o estudo tem como objetivo geral a análise do modelo de logística reversa utilizado para tratar baterias automotivas de chumbo-ácido. E os seguintes objetivos específicos a serem considerados: identificação das características diferenciadoras do produto analisado; descrição do processo de logística reversa utilizado; avaliação das vantagens econômicas da reciclagem; e avaliação das vantagens ambientais da reciclagem.

O trabalho compreende uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. Para Vergara (1998), a investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, podem surgir durante ou ao final da pesquisa. Para Gil (1991), os estudos exploratórios constituem-se na primeira etapa de uma investigação mais ampla. São desenvolvidos quando o tema é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis sobre ele.

1.1 Logística

Logística vem da palavra *loger*, de origem francesa, que significa alojar, e foi inicialmente utilizada no sentido de abastecimento militar de grandes exércitos, longe de suas bases e recursos. Seu primeiro registro oficial, da forma que se conhece, data de 06 de junho de 1944, quando houve a maior operação militar marítima da história: a invasão da Normandia. Apesar de a logística ter seu relato inicial nos movimentos de guerra, hoje ela é bastante utilizada pelas empresas, nos seus processos produtivos, embora muitas vezes estas recorram à utilização do termo ‘batalha’, acirrando o conceito de competitividade entre si.

Larrañaga (2003) explica que a conquista do cliente nas linhas de frente dos negócios não é uma atividade bélica, mas um teste de sobrevivência das empresas no mercado competitivo atual.

Inicialmente a logística empresarial se restringia ao transporte e à armazenagem de produtos, porém, nos dias atuais, constata-se que o processo logístico é bem mais amplo, muito mais que uma simples movimentação e armazenagem. Além disso, cada vez mais seu grau de importância aumenta, com o gerenciamento de informações relevantes ao planejamento, execução e controle do fluxo, além da armazenagem de produtos (NOVAES, 2004).

A logística pode ainda ser entendida “como a gestão dos inventários, estejam eles imobilizados em algum lugar ou movimentando-se entre pontos, ao longo de um fluxo de materiais que vai desde o fornecedor das matérias-primas até o ponto final de consumo” (LARRAÑAGA, 2003, p.31).

Dessa forma pode-se perceber que a logística está integrada com todo o fluxo da cadeia produtiva, até o consumidor final, pois, de acordo com Moura *et al.*(2003), a logística é um processo bastante abrangente, integrando desde o fluxo de materiais e informações até a produção, distribuição e o transporte do material acabado.

Assim, de acordo com Moura *et al.* (2003), a logística deixou de significar simplesmente o ‘alojamento’ de produtos necessários para um determinado fim e assumiu a conotação da arte de administrar e coordenar, de forma sistêmica, todas as atividades relacionadas ao fluxo de materiais, serviços e informações, proporcionando ao consumidor final, o cliente, materiais e serviços em quantidades, perfeitas condições, com os custos e prazos de entrega acordados.

1.2 Logística Reversa

Para Leite (2006), a logística reversa cuida dos fluxos de materiais que se iniciam nos pontos de consumo dos produtos e terminam nos pontos de origem. É a área da logística que tem como finalidade o retorno do produto, embalagens ou materiais ao seu fabricante, agregando valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

O Glossário da Logística (1998), também conceitua o processo da Logística Reversa como o conjunto das atividades e habilidades gerenciais relacionadas à redução, administração e disposição de detritos, que inclui distribuição reversa, ou seja, atividades de reciclagem compatíveis com as necessidades atuais de preservação do meio ambiente.

Além destas questões já adereçadas, Mueller (2005) e Leite (2006) subdividem a Logística Reversa em Logística Reversa de Pós-venda e Logística Reversa de Pós-consumo, detalhadas a seguir.

1.2.1 Logística reversa de pós-venda

A logística reversa de pós-venda (LRPV) é a área que se ocupa do planejamento, operação e controle do fluxo físico das informações logísticas correspondentes a bens de pós-venda (que podem derivar de produtos sem uso ou com pouco uso) que retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição, por motivos diversos, estratégicos ou não. Esse procedimento permite que a devolução seja recebida pelos varejistas, objetivando agregar valor a um produto logístico devolvido, por razões comerciais, erros no processamento dos pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento do produto, avarias no transporte, entre outros (LEITE, 2006).

A LRPV tem o objetivo de agregar valor ao ‘novo produto’, permitindo um diferencial competitivo no mercado, já que um trabalho eficiente entre os extremos da cadeia de distribuição pode ser o ponto chave para a próxima venda (MUELLER, 2005).

Os setores editoriais (revistas e livros) e de bebidas (em garrafas de vidro) mantêm grandes Canais de Distribuição Reversos de Bens de Pós-venda. Já o setor varejista da moda se utiliza das liquidações e dos mercados secundários para que haja escoamento de estoques que ficaram da “estação” anterior, dentro ou fora do país (LEITE, 2006).

A figura 1 explica o funcionamento o processo da logística reversa de pós-venda:

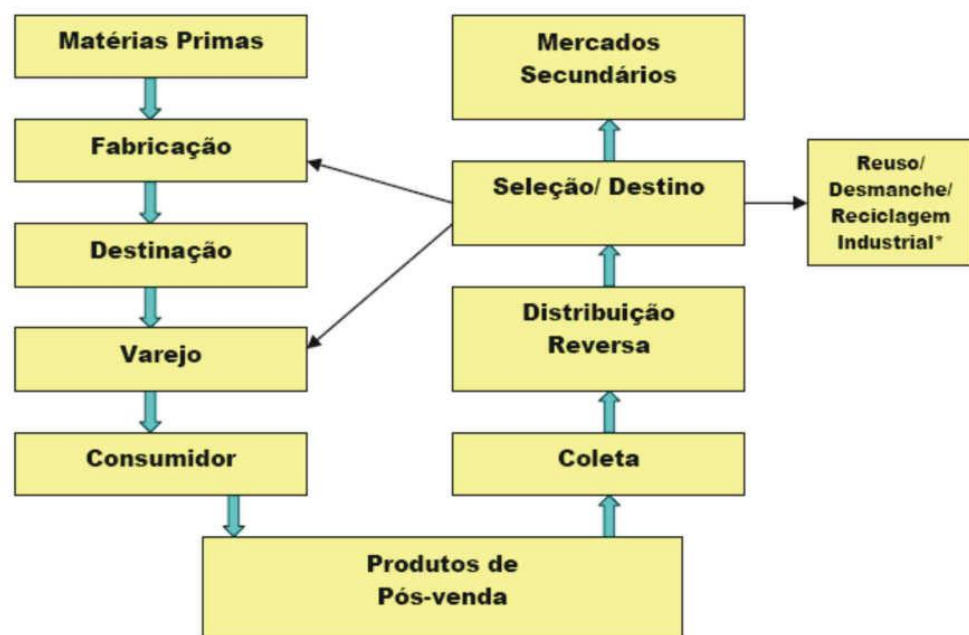


Figura 1: Fluxograma da Logística Reversa de Pós-Venda.
Fonte: Leite Consultorias *apud* Mueller (2005).

Só para se ter uma idéia do significado econômica da LRPV, no ano de 1999, nos Estados Unidos, o comércio eletrônico teve um índice de devolução dos produtos na faixa de 25 a 30%, por não corresponderem às expectativas do consumidor ou insatisfações com o desempenho esperado (LEITE, 2006).

1.2.2 Logística reversa de pós-consumo

Após o uso de determinado produto, a partir do consumidor inicial, há o descarte do mesmo que, em muitas circunstâncias, ainda apresenta condições de uso, podendo ser reaproveitado por terceiros. Ao final de sua vida útil, este mesmo produto volta a ser descartado. Preocupado com este ‘desuso’, a logística reversa de pós-consumo (LRPC) trata do retorno deste material ao fabricante, evitando, assim, que o descarte seja feito de forma inapropriada, podendo gerar danos ambientais, como pode ser visto na figura 2.

De acordo com Leite (2006), os bens reprocessados pela LRPC subdividem-se em:

- Bens descartáveis: com vida útil de semanas ou poucos meses, como embalagens, brinquedos, suprimentos para computadores, artigos cirúrgicos, pilhas de equipamentos eletrônicos, fraldas, jornais e revistas;
- Bens semiduráveis: que duram cerca de alguns meses ou poucos anos, numa categoria intermediária que apresenta características ora de bens duráveis, ora de bens descartáveis, como baterias automotivas, baterias de celulares, óleos lubrificantes, computadores e revistas especializadas;
- Bens duráveis: aqueles que apresentam duração de vida média, de alguns anos a algumas décadas, como automóveis, eletrodomésticos, máquinas e equipamentos industriais.

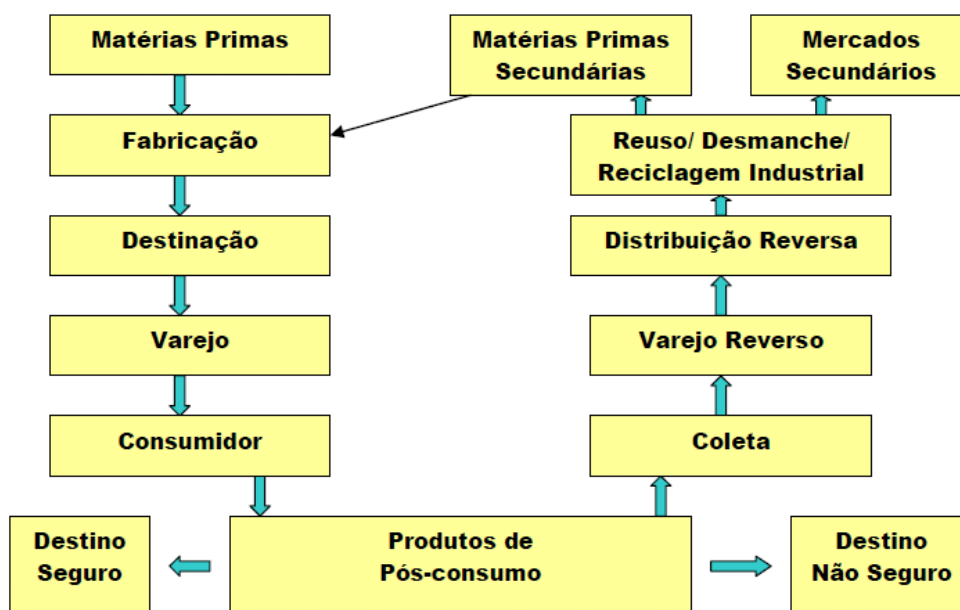


Figura 2: Fluxograma da Logística Reversa de Pós-consumo.
Fonte: Leite Consultorias *apud* Mueller (2005).

1.3 Gestão socioambiental da logística

Na atualidade, uma significativa parcela dos gestores está empenhada em desenvolver novas relações entre seus negócios, não só na sociedade, mas no ambiente natural, na expectativa de reduzir, ou até mesmo sanar o dano ambiental global, neutralizando práticas abusivas do passado. Contudo, essa tomada de consciência também se deve ao fortalecimento das organizações não governamentais (ONG), que passaram a exigir, de forma mais intensa, ações compensatórias, buscando a preservação e recuperação do meio ambiente.

É um processo que atua em longo prazo, conseguindo aproveitar as oportunidades e gerenciar riscos associados a fatores econômicos, ambientais e sociais (DONATO, 2008).

Pode-se citar como exemplo de ações compensatórias ao meio ambiente, as florestas de pinheiro-americano (*Pinus Caribaea*) da Faber-Castell (em Minas Gerais), que fornecem a principal matéria prima da linha EcoLápis. A empresa possui 9600 hectares para a plantação de árvores, dentre outros projetos ambientais. O Projeto Arboris foi responsável pelo plantio de 40 mil mudas de árvores no período de 1999 até 2002 (FABER, 2009).

Pode-se entender, então, como gestão sócio-ambiental na logística, o conjunto de técnicas administrativas com a finalidade principal de desenvolver ações corretivas e preventivas capazes de agregar valor a produtos, serviços e corporações, de modo sustentável, minimizando danos sócio-ambientais decorrentes dessas ações.

Responsabilidade Sócio-ambiental Corporativa é o somatório dos investimentos realizados de certa empresa em ações de Responsabilidade Social, Cultural e Ambiental. O exercício de ações de responsabilidade social corporativa está associado à noção de sustentabilidade, que visa conciliar as esferas econômica, ambiental e social na geração de um cenário compatível à continuidade e à expansão das atividades da empresa no presente e no futuro (DONATO, 2008, p.211).

Além dos danos ambientais causados pelos diversos modais de transporte, pode-se também perceber a necessidade da reciclagem no objetivo da diminuição dos níveis de poluição, evitando a utilização excessiva de matérias-primas, especialmente as advindas de recursos naturais não renováveis. É por isso que a LR focaliza o planejamento do retorno de produtos que possam ser reaproveitados ou de que seja necessária a reciclagem, despendendo-se o mínimo possível, com o maior aproveitamento da logística de produção e entrega, que é a logística mais conhecida (DONATO, 2008).

A Logística Reversa é utilizada na coleta de lixos residenciais, comerciais e industriais, no envio aos aterros sanitários, incineradores e/ou no reaproveitamento para a produção de novos bens, com benefícios ambientais e de custos Leite (2006). Contudo, como observa Mueller (2005), existem vários motivadores para as empresas implementarem a Logística Reversa:

- Legislação ambiental que força as empresas a retornarem seus produtos cuidando do tratamento necessário (destinação final);
- Benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, ao invés dos altos custos do correto descarte do lixo, através da aplicação da reciclagem;

- Conscientização ambiental dos consumidores, que estão cada vez mais exigentes com os produtos, para que estes venham a gerar danos menores ao meio ambiente;
- Razões competitivas – as empresas que se adéquam aos requisitos ambientais conseguem alavancar sua imagem corporativa junto aos seus públicos, destacando-se das demais;
- Proteção de margem de lucro, uma vez que a aquisição de matérias-primas diminui, comprimindo seus gastos.

1.4 Legislação ambiental brasileira

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) considera necessário disciplinar o descarte e o gerenciamento ambiental adequado para pilhas e baterias usadas, com relação à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final destas, visto que seus resíduos contaminam seriamente o meio ambiente e necessitam, por suas especificidades, de procedimentos próprios e diferenciados, visando seu destino final.

O art. 2º da Resolução CONAMA nº 257/99 define o que são pilhas e baterias:

I – bateria: conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente (NBR 7039, de 1987);

II – pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química (NBR 7039, de 1987);

III – acumulador chumbo-ácido: acumulador no qual o material ativo das placas positivas é constituído por compostos de chumbo, e os das placas negativas essencialmente por chumbo, sendo o eletrólito uma solução de ácido sulfúrico (NBR 7039, de 1987);

IV – acumulador (elétrico): dispositivo eletroquímico constituído de um elemento, eletrólito e caixa, que armazena sob forma de energia química a energia elétrica que lhe seja fornecida e que a restitui quando ligado a um circuito consumidor (NBR7039, de 1987);

V – baterias industriais: são consideradas baterias de aplicação industrial, aquelas que se destinam a aplicação estacionária, tais como telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança, uso geral industrial e para partida de motor diesel, ou ainda tracionárias, tais como as utilizadas para movimentação de cargas ou pessoas e carros elétricos;

VI – baterias veiculares: são consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de sistemas propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive de tratores, equipamentos de construção, cadeiras de roda e assemelhados;

VII – pilhas e baterias portáteis: são consideradas pilhas e baterias portáteis aquelas utilizadas em telefonia, e equipamentos eletroeletrônicos, tais como jogos, brinquedos, ferramentas elétricas portáteis, informática, lanternas, equipamentos fotográficos, rádios, aparelhos de som, relógios, agendas eletrônicas, barbeadores, instrumentos de mediação, de aferição, equipamentos médicos e outros;

VIII – pilhas e baterias de aplicação especial: são consideradas pilhas e baterias de aplicação especial aquelas utilizadas em aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar e aquelas que sejam parte integrante de circuitos eletro-eletrônicos para exercer funções que requeiram energia elétrica ininterrupta em caso de fonte de energia primária sofrer alguma falha ou flutuação momentânea (DONATO, 2008).

Os componentes utilizados para a montagem das baterias de chumbo-ácido têm grande potencial de reciclagem. Contudo, uma bateria que tenha sido imprópriamente descartada, ou seja, não tenha sido reciclada, representa uma importante perda, não só de recursos econômicos, ambientais e energéticos, mas, sobretudo, na imposição de um risco desnecessário ao meio ambiente e seus ocupantes.

Tecnicamente, as baterias são basicamente compostas por (CEMPRE, 2008):

- Placas positivas e negativas: grades produzidas com uma liga, onde é aplicada uma massa de PbO (óxido de chumbo) e são adicionadas outras substâncias que responderão por determinadas reações, diferenciadas em placas positivas e negativas e que são responsáveis pelo acúmulo e condução da corrente elétrica;
- Separadores: produzidos em polietileno, constituem-se de envelopes que evitam o contato direto entre as placas positivas e negativas, evitando, assim, curtos circuitos.
- Caixas: responsáveis pelo condicionamento dos elementos da solução eletrolítica;
- Conectores: interligam os elementos da bateria para formação do circuito.

- Terminais: pólos positivos e negativos da bateria.
- Solução: composta por 35% de ácido sulfúrico e 65% de água destilada, é indispensável para que possam ocorrer as reações químicas.

A figura 3 demonstra a estrutura interna de uma bateria automotiva:



Figura 03: Foto detalha de uma Bateria Automotiva.
Fonte: ABINEE (2009)

As baterias de chumbo-ácido funcionam por meio da solução ácido sulfúrico, pois é através dela que se dá a transferência de elétrons. O Dióxido de chumbo (PbO_2) é uma substância que possui grande tendência a receber elétrons, enquanto o chumbo metálico (Pb) tem uma grande tendência a doar elétrons (este processo é chamado de diferença de potencial). Por sua boa estabilidade térmica, alta condutividade iônica, baixo nível de impurezas e baixo custo, esta é a solução utilizada em baterias automotivas (CEMPRE, 2008).

Ainda de acordo com os dados divulgados pela CEMPRES (2008), em países desenvolvidos, a reciclagem está próxima de 95% de todas as baterias já usadas; já no Brasil, a reciclagem chegou a ser de 99,5% em 2007. Nas grandes áreas urbanas, essas reciclagens são mais fáceis, existindo algumas empresas que não vendem novas baterias sem receber a bateria usada em troca. Em áreas mais remotas, a recuperação torna-se mais difícil, e é por isso que as empresas se utilizam deste artifício de vender uma nova bateria, sendo ressarcido da antiga.

A produção brasileira de chumbo não atende à demanda pelo metal, por isso a sucata é também tão valorizada. Pesquisas realizadas pelo CEMPRES (2008) apontam algumas limitações em seu processo de reciclagem:

A quantidade e a pureza do material recuperado, os mercados para o reciclado, o valor unitário do metal, os custos de coleta, entre postagem e transporte, a quantidade, a periculosidade e os custos de tratamento e disposição dos resíduos do reprocessamento, custo final da operação como um todo.

Há, ainda, alguns fatores em que a influência é maior na disponibilidade de materiais, no caso os metais, para que sejam reciclados:

A quantidade que foi colocada no mercado, no período de tempo passado equivalente a uma vida útil média desse material, a disponibilidade local de produtos descartados contendo metais em formas e quantidades interessantes, o projeto do produto em termos de facilidade de reciclagem (produtos projetados para serem reciclados), extensão, o grau de capilaridade, a eficiência do sistema de coleta, entrepostos e a distribuição de produtos pós- consumo (CEMPRE, 2008).

Dessa forma, fica claro que não é correta a armazenagem das baterias de chumbo ácido em lixões, a céu aberto, pois podem acarretar inúmeros malefícios à saúde pública, através da contaminação do solo, dos lençóis freáticos e dos cursos d'água (CEMPRE, 2008).

De acordo com a Resolução CONAMA 257/99, os estabelecimentos que comercializam baterias automotivas são obrigados a aceitar a devolução de baterias usadas independente da marca, preservando a solução ácida, sendo-lhes vedado jogá-las em esgotos, tampouco, adicionar água (CEMPRE, 2008).

A forma de armazenagem das baterias de chumbo-ácido já utilizadas deverá acontecer em local coberto com piso em concreto (apropriado), utilizando-se de muretas ou canaletas ou algum recipiente que seja utilizado para sua contenção. Já no caso de algum vazamento, as baterias já utilizadas deverão ser mantidas em separado das novas e de outros produtos de que porventura estejam estocados próximos (CEMPRE, 2008).

No tocante ao transporte dessas baterias de chumbo-ácido, o Decreto-Lei de nº 96044/88, dispõe sobre o transporte rodoviário de produtos perigosos, legislação e normas técnicas complementares (CEMPRE, 2009):

...os veículos deverão ter afixados painéis de segurança (placas), contendo número de identificação do risco do produto e número produto: 88/2794, e rótulos de risco (placa de corrosivo), conforme NBR 8500, com motorista credenciado e carga lonada ou caminhão baú. O veículo deverá ter Kit de emergência e EPI (Equipamentos de Proteção Individual). O motorista deve manter envelope com ficha de emergência com instruções para acidentes, incêndio, ingestão, inalação, fone de contato, etc.

1.5 Baterias de Chumbo-Ácido

As baterias de chumbo-ácido são compostas basicamente de chumbo na forma metálica, sulfato de chumbo, dióxido de chumbo ou óxido de chumbo, ácido sulfúrico e as partes plásticas (caixa e separadores).

Vantagens: Custo relativamente baixo, resistência a grandes variações de temperatura e grande durabilidade.

Desvantagens: Pesada, demora a ser carregada, descarrega-se rapidamente, sofre uma diminuição (pequena, mas constante) de voltagem durante sua utilização e não pode ser recarregada totalmente com tanta frequência como os outros tipos. A sua melhor utilização é esporádica, uma vez que este tipo de bateria é desenhado para ser constantemente carregada e eventualmente descarregada (ex.: utilizado em automóveis, sendo carregada com o motor em funcionamento e descarrega nos arranques ou no funcionamento de dispositivos com o veículo desligado).

(WWW.ELETROHOO.COM.BR, 2008).

2. PROCESSO DE RECICLAGEM DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

Este processo, que no passado era feito manualmente, atualmente é feito de forma automática. As sucatas são quebradas e passam por um processo de separação baseada

na densidade: o material é flocoado: os compostos de chumbo são separados da matéria plástica de caixas e tampas e o material contendo compostos de chumbo segue para o refino. Como na fábrica de baterias, todo efluente é contido no interior da planta e redirecionado para uma estação de tratamento de efluente que essencialmente faz a neutralização e decantação do mesmo. Não existe processo de reciclagem com 100% de reaproveitamento.

No caso da metalúrgica, existe como subproduto a escória. Esta escória poderá ser mais ou menos rica em chumbo, dependendo da eficiência do processo. Atualmente, esforços estão sendo direcionados para a obtenção da chamada escória verde: escória com mínimo teor de chumbo e que poderia ser reaproveitada em outros processos industriais (pavimentação), sem a necessidade de ser contida em aterros específicos. Com a crescente conscientização por parte da sociedade de que os processos industriais necessitam ser ecologicamente corretos, as indústrias para sua própria sobrevivência têm procurado soluções as mais diversas para seus problemas específicos. Na fabricação de baterias de chumbo-ácido que manuseia rotineiramente toneladas de um elemento tóxico, o chumbo, foram encontradas soluções que permitem colocar no mercado um produto com elevada qualidade e sem riscos ambientais.

Abaixo, podemos verificar passo a passo e como fotos ilustrativas de como é feito o processo de reciclagem dentro das indústrias.

2.1 Coleta de Baterias

A coleta de baterias automotivas de chumbo-ácido é realizada de forma organizada. Inicialmente, os seus distribuidores recolhem as baterias esgotadas dos revendedores e armazenam temporariamente até o recolhimento do material pela fábrica, utilizando veículos devidamente identificados dentro das normas de transporte de produtos perigosos (NBR 7500). Os caminhões são preparados especialmente para o transporte seguro, evitando derramamento de solução ácida durante o trajeto até a base de reciclagem.

2.2 Recebimento e descarregamento das sucatas

A sucata de bateria chega à planta de reciclagem nas mais diversas formas: lacradas, drenadas (sem solução), placas (de reformadores de bateria) e resíduos do processo de montagem de bateria.

O descarregamento dos resíduos e das placas é direcionado para local de armazenamento da sucata que irá abastecer os fornos rotativos, enquanto as baterias exauridas eletricamente serão encaminhadas para local de corte e separação.

2.3 Armazenamento e separação

Os locais de armazenamento e separação são devidamente cobertos e fechados, para impedir a dispersão de material particulado e vapores ácidos, com pisos impermeabilizados e dotados de sistema de drenagem da solução eletrolítica para impedir o derramamento indevido e a contaminação do solo e efluentes.

As baterias são separadas considerando sua composição (material), sendo classificados em acrylonitrile butadiene styrene - ABS, acrílico e polipropileno – PP.

As caixas e tampões de polipropileno são encaminhados para reciclagem no fornecedor dos componentes, que após serem beneficiados, retorna na forma de chumbo moído os resíduos de chumbo contidos nas caixas e tampões. Quanto ao ABS e o acrílico são armazenados até que encontre uma destinação legal.



Figura 4: Bateria esgotada armazenada e Caixa de Polipropileno separada
Fonte: TUDOR MG

Os elementos (placas de chumbo) retirados das baterias são transportados para o local de estocagem da sucata a ser utilizada no abastecimento dos fornos, após a drenagem da solução.

A solução eletrolítica é bombeada para a estação de filtragem e posteriormente enviada para a estação de tratamento de efluentes para ser neutralizada ou para a unidade de recuperação do ácido, que é realizada por empresa especializada.



Figura 5: Coleta da solução eletrolítica na separação da sucata
Fonte: TUDOR MG

2.4 Armazenamento do fundentes

Os fundentes, carbonato de sódio (barrilha), coque de petróleo e a Limalha (cavaco de ferro) são armazenados em boxes construídos em alvenarias e piso concretados, cobertos e fechados para impedir a dispersão de material particulado, dispondo de espaço físico para permitir manobra de máquinas utilizadas na movimentação destes materiais até os fornos rotativos.



Figura 6: Box de armazenamento de limalha e coque
Fonte: TUDOR MG

2.5 Fornos rotativos (pirometalúrgico)

O forno rotativo é composto de um cilindro horizontal de aço, com seu contorno interno revertido por refratário, montado sobre rodas e motor para girar o cilindro. Na obtenção do chumbo secundário, a parte metálica é previamente separada na etapa anterior para reciclagem; ou seja, placas de chumbo (grades e a massa ativa) oriunda das baterias de chumbo-ácido exauridas.

Estes resíduos metálicos de chumbo são misturados a quantidades preestabelecidas dos fundentes: limalha, barrilha e coque de petróleo. Então, é realizado o abastecimento dos fornos com esta mistura, utilizando um carregador alimentado por uma máquina (pá carregadeira). O abastecimento é através da porta localizada na parte dianteira dos fornos. Em dois fornos os queimadores estão dispostos na extremidade oposta ao carregamento, permitindo a introdução de materiais dentro da câmara do forno, mesmo após o início do processo. Em outro forno, tanto o abastecimento quanto o queimador são posicionados na parte dianteira. Estes utilizam o óleo BPF como combustível e o oxigênio como comburente, atingindo temperatura máxima de 1200°C.

Na parte posterior do forno são exauridos os gases de combustão. Nesta fase, existe a possibilidade de emissão de gases, que ocorrem na porta de carga e na junção existente entre a saída do forno e a câmara de expansão de gases, principalmente no início do processo onde há geração de gases devido a devolatilização do carvão que é mais intensa.

A rotação e o atrito com o refratário revolvem a mistura através do forno, melhorando assim a homogeneização da mistura a ser processado.



Forno rotativo com abastecimento dianteiro e queimador traseiro



Forno rotativo de alimentação e queimador na dianteira



Forno rotativo com queimador traseiro

Figura 8: Modelos de Fornos Rotativo
Fonte: Tudor MG

Após a incineração, os gases contendo material particulado, são filtrados por filtro de despoeiramento.



Figura 8: Sistema da filtros de despoeiramento
Fonte: TUDOR MG

Cerca de 4% da carga sólida colocada no forno é arrastada pelos gases acima citado, que são recolhidos por filtros de mangas, as quais são monitoradas permanentemente e substituídas quando necessário. Este monitoramento é feito por amostragem, utilizando procedimentos padronizados quando na emissão das chaminés e distribuição nas circunvizinhanças de instrumentos para medição contínua (hivol).

O chumbo metálico secundário produzido (em forma líquida) é enviado para as painéis de refino, enquanto a escória (contendo ferro + carbono e baixos teores de outros metais como o antimônio + chumbo não convertido) são remetidos para aterro industrial.

Na escória, além de liberar o sulfato de ferro (FeSO_4) e o óxido de chumbo não convertido, retém ainda todo tipo de impureza, que tenha sido introduzida no forno juntamente com o material a ser reciclado e seus aditivos. É a escória que forma uma camada sobre o metal fundido, impedindo o contato do chumbo reduzido com o oxigênio, evitando assim que ele se oxide formando PbO .

A escória se solidifica em cadinhos à temperatura ambiente. Parte retorna para o processo e parte é destinada para tratamento final e enviada para o aterro industrial.



Figura 9: Escória aguardando envio para o aterro industrial
Fonte: Tudor MG

2.6 Refino, dosagem e análises

Conforme descrito no final do processo supracitado, o chumbo recuperado é submetido ao processo de refino, depositado em cadinhos (panelas) onde é mantida temperatura entre 400 a 500°C. Então, são adicionados aditivos químicos que juntamente com ação do calor separam do chumbo outros metais para a correção da liga desejada. Esta separação se dá por reação provocando o surgimento de borra ($\pm 15\%$) que poderá retornar ao processo, além da liberação de gases e vapores, que são exauridos e filtrados.



Figura 10: Borra armazenada
Fonte: Tudor MG

Durante estes processos são coletadas amostras para a realização de análises em aparelho de absorção atômica, buscando identificar os percentuais de metais que compõem a liga, para então, fazer as correções necessárias, visando obter o percentual desejado destes metais na liga a ser produzida.



Figura 11: Liga de chumbo reciclado, pronto para reutilização
Fonte: Tudor MG

2.7 Tratamento de efluentes líquidos

Todos os efluentes líquidos gerados no processo são tratados na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Os efluentes das operações são enviados para tanques de sedimentação, onde ocorre a precipitação do material sólido, formando lodo. Posteriormente, os efluentes são enviados para um reator e adicionados polieletrólitos líquidos, cal e soda, que retiram dos efluentes, resíduos de chumbo e de sulfato. Sequencialmente o efluente passa por decantador primário e filtro prensa. No filtro prensa há separação da fase sólida que é reenviado para os fornos rotativos.

Água é tratada passando por filtros de área, celulose com capacidade de reter pequenas partículas de até 3 micron e armazenada em tanque. Parte é reutilizada na limpeza da fábrica e o excesso é descartado, passando por um filtro polidor de elementos de resina, não permitindo passagem de partículas superior a 5 micron.



Figura 12: Estação de tratamentos de Efluentes
Fonte: Tudor MG

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acompanhando as atividades de reciclagem, observa-se que o processo apresenta uma série de variáveis, desde a separação das partes de chumbo da bateria, passando pelo processo de reciclagem do chumbo propriamente dito até a destinação da escória do processo.

O descarte de baterias, que anualmente a produção brasileira aproxima-se dos 28 milhões de unidades, no Brasil o processo de reciclagem atingiu em 2007 a reutilização de 99,5% (CEMPRE) das baterias, impedindo que estas sejam um contaminante potencial e relevante ao meio ambiente.

Considerando o problema de pesquisa “Como funciona o processo Logístico Reverso para o tratamento de baterias automotivas de chumbo-ácido?”, conclui-se:

O processo de reciclagem reduz a importação de chumbo, bem como consumo de energia e recursos no processo de produção do chumbo primário, uma vez que apesar do Brasil possuir 23,4% (2007) das reservas medidas e indicadas mundiais, só produziu neste mesmo período 0,7% da produção mundial, por tanto, a reciclagem é economicamente viável para a obtenção do chumbo secundário, sendo mais barato do que a extração, processamento e utilização do chumbo primário. Além disso, ocorre a redução de gastos com construção aterros sanitários e/ ou industriais, correção de áreas degradadas e no tratamento de doenças. Pode-se mencionar a redução do impacto ambiental na extração das reservas minerais, não contaminação do solo, dos rios (água), do ar, redução de espaço destinado a aterros. Assim como, fomentar nas crianças a importância da reciclagem e a formação da consciência ambiental.

Os benefícios estão na mudança do comportamento do consumidor em devolver para reciclagem a bateria exaurida, mesmo que inicialmente motivado pelo fator econômico (desconto na aquisição de bateria nova), passa a contribuir positivamente para o comportamento ambientalmente responsável. Além da exigência dos fabricantes de baterias em receber parte da venda produtos novos em bateria esgotada, mudando também o hábito dos revendedores. Não indiferente à exigência legal (ex.: resolução do CONAMA 401/2008).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DONATO V. **Logística Verde: Uma abordagem sócio ambiental**. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª Edição, São Paulo: Atlas, 1991.

GOMES, Carlos Francisco Simões; RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral – **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Thomson, 2004.

LARRAÑAGA, Félix Alfredo. **A Gestão Logística Global**. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

Leite (2006) - LEITE, Paulo Roberto. **Direcionadores (“drivers”) estratégicos em programas de logística reversa no Brasil**. Congresso SIMPOI 2006, São Paulo, 2006.

MOURA, R. A. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo: IMAM, 6ª edição, 2003.

MUELLER, Carla Fernanda. **Logística reversa meio ambiente e produtividade**: UFSC, 2005.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro, Campus-Elsevier: 2004.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1998.

WWW.ELETROHOO.COM.BR, 2008 (Acesso em 11/09).