



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

dossiê técnico

Reciclagem de baterias

Cecília Chicoski da Silva
Jefferson Chicoski da Silva
Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR

Novembro/2007





Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

dossiê técnico

Reciclagem de baterias

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



Dossiê Técnico	SILVA, Cecilia Chicoski da; SILVA, Jefferson Chicoski da Reciclagem de baterias Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR 30/11/2007
Resumo	Algumas substâncias que fazem parte da composição química das baterias são potencialmente perigosas e podem afetar a saúde, especificamente, o chumbo, o cádmio e o mercúrio. Os processos de reciclagem de pilhas e baterias podem seguir três linhas distintas: a baseada em operações de tratamento de minérios, a hidrometalúrgica ou a pirometalúrgica. Algumas vezes estes processos são específicos para reciclagem de pilhas, outras vezes, as pilhas são recicladas juntamente com outros tipos de materiais. O dossiê abordará sobre os tipos existentes de baterias; componentes básicos; destinação; métodos de reciclagem; tratamentos e métodos de descarte corretos e a resolução n. 257 do CONAMA.
Assunto	COLETA DE RESÍDUOS PERIGOSOS
Palavras-chave	Aproveitamento de resíduo; bateria; cádmio; chumbo; metal pesado; mercúrio; pilha; reciclagem; resíduo químico



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que criem obras não comerciais e sejam dados os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2 PILHAS E BATERIAS	3
3 TIPOS EXISTENTES DE BATERIAS	3
3.1 Alcalinas	3
3.2 Chumbo	4
3.3 Lítio	4
3.4 Níquel-cádmio (Ni-Cd)	4
3.5 Níquel Hidreto Metálico (NiMH)	5
3.6 Zinco-ar	5
3.7 Gel	6
4 CARGA DE BATERIAS	6
4.1 Tensão constante ou carga em flutuação	6
4.2 Tensão constante-limite corrente	6
4.3 Corrente constante seguido de tensão constante	7
4.4 Corrente constante para tempo definido	7
4.5 Corrente constante seguido de tensão corrigida	7
4.6 Corrente constante seguido de tensão corrigida e queda de corrente	7
4.7 Delta de tensão zero ou negativo	7
4.8 Temperatura máxima	7
5 COMPONENTES BÁSICOS	7
6 EFEITOS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS EM PILHAS E BATERIAS ...	8
6.1 Cádmio	8
6.2 Mercúrio	8
6.3 Chumbo	9
6.4 Lítio	9
6.5 Níquel	9
6.6 Zinco	9
6.7 Cobalto e seus compostos	9
6.8 Bióxido de manganês	10
7 UTILIZAÇÃO DE PILHAS E BATERIAS	10
8 RECICLAGEM	10
9 PROCESSOS DE RECICLAGEM	12
9.1 Mineralúrgica	13
9.2 Hidrometalúrgica	13
9.3 Pirometalúrgica	13
10 MÉTODOS DE RECICLAGEM	13
11 EXEMPLO DE RECICLAGEM DE BATERIAS VEICULARES	14
11.1 Campanha de orientação visando a coleta para reciclagem	14
11.2 Coleta	15
11.3 Armazenagem	16
11.4 Transporte	16
11.5 Segurança	16
11.6 Reciclagem do chumbo e plástico	17
11.7 Reciclagem do chumbo	18
11.8 Reciclagem do plástico	19
11.9 Processo de neutralização do ácido	20
Conclusões e recomendações	21
Referências	21

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

Ao enfrentar a carência de locais adequados para lançar os resíduos industriais e domésticos, como também, minimizar os impactos ambientais por esses resíduos, considera-se busca por soluções mais eficazes do que a simples dispersão dos mesmos no meio ambiente. Ao invés da simples disposição desses resíduos, o homem passou a procurar alternativas mais lógicas, que se propõem a tratar, reaproveitar, minimizar ou até mesmo eliminar a geração dos resíduos. Assim, cada alternativa contribui para uma solução mais adequada do problema. Uma das alternativas é o reaproveitamento cíclico de matérias-primas de fácil purificação, mais conhecido como reciclagem.

2 PILHAS E BATERIAS

Uma pilha ou bateria é um dispositivo que transforma energia química em energia elétrica através do processo de ação eletroquímica.

A pilha tem três partes: os eletrodos, o eletrólito e o recipiente. Os eletrodos são os condutores de corrente da pilha. O eletrólito é a solução que age sobre os eletrodos. O recipiente guarda o eletrólito e suporta os eletrodos.

O ânodo é o eletrodo positivo de uma pilha e o cátodo é o eletrodo negativo. Existem dois tipos básicos de pilhas. A pilha primária é uma pilha na qual a reação química acaba por destruir um dos eletrodos, normalmente o negativo. A pilha primária não pode ser recarregada.

A pilha secundária é uma pilha na qual as ações químicas alteram os eletrodos e o eletrólito, que podem ser restaurados a sua condição original pela recarga da pilha.

A capacidade de uma bateria é definida por sua capacidade energética, que é expressa em ampére-hora (1Ah = 3.600 coulombs). Por exemplo, se uma bateria debita um ampére (1A) de corrente (fluxo) por uma hora, tem uma capacidade de 1 Ah.

3 TIPOS EXISTENTES DE BATERIAS

3.1 Alcalinas

São usadas normalmente em lanternas, rádios, etc (FIG. 1).

Vantagens: custo baixo; são vulgares; pode-se encontrar com facilidade em qualquer lugar; durabilidade e potencia elevada para seu tamanho/peso.

Desvantagens: a grande maioria dos modelos comercializados não pode ser recarregada e geralmente é necessária a utilização de suportes para utilização nos diversos dispositivos.



Figura 1 - Pilhas e baterias alcalinas
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.2 Chumbo

Foram inventadas no século XIX, tem como componentes básicos o chumbo ou óxido de chumbo e o ácido sulfúrico (FIG. 2).

Vantagens: custo relativamente baixo; resistência a grandes variações de temperatura e grande durabilidade.

Desvantagens: pesada; demora bastante tempo 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 desenhada para ser constantemente carregada e eventualmente descarregada (ex.: é o tipo utilizado em automóveis, sendo carregada com o motor em funcionamento e descarrega no funcionamento de dispositivos com o veículo desligado).



Figura 2 - Bateria de chumbo
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.3 Lítio

Popularizou-se com o aparecimento de microcircuitos eletrônicos utilizados em relógios, jogos, etc. (FIG. 3).

Vantagens: destaca-se entre os demais tipos por descarregar-se muito lentamente quando armazenada carregada (em média 10% ao mês) e pelo tempo de recarga baixo. Entre todos os outros tipos são as mais leves. Oferecem cerca do dobro da capacidade de uma bateria do tipo Níquel Hidreto Metálico com o mesmo tamanho. O tempo de recarga também é o mais rápido quando comparado aos demais tipos.

Desvantagens: custo elevado.

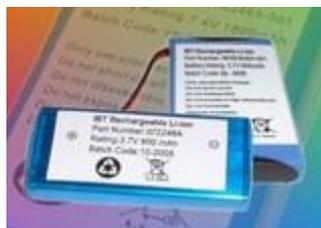


Figura 3 - Baterias de lítio
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.4 Níquel-cádmio (Ni-Cd)

Foi inventada no século XX (FIG. 4).

Vantagens: potencial energético maior do que o da bateria de chumbo-ácido, o que faz com que seja de 20 a 50% mais leve, proporcionando um tempo de utilização superior para o mesmo peso. Não sofre queda de voltagem durante a utilização.

Desvantagens: custo mais alto do que o da de chumbo-ácido; é muito tóxica para o meio ambiente (devido ao cádmio). Além disso, este tipo de bateria sofre mais com extremos de temperatura, descarregando-se muito rapidamente em temperaturas muito baixas e não se carregando totalmente em temperaturas muito elevada.



Figura 4 - Bateria de níquel-cádmio
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.5 Níquel Hidreto Metálico (NiMH)

Possui algumas vantagens em relação aos outros tipos: resiste a um número maior de cargas/descargas na sua vida útil do que as de níquel cádmio, possuindo um potencial energético ligeiramente superior (20% em média); ainda em comparação com as de níquel cádmio possui custo apenas ligeiramente superior, tempo de recarga inferior, maior resistência a variações de temperatura, tem praticamente o mesmo peso e é ambientalmente mais amigável (FIG. 5).

Desvantagem: custo superior ao das de níquel-cádmio.



Figura 5 - Bateria de Níquel Hidreto Metálico
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.6 Zinco-ar

É a mais recente tecnologia desenvolvida para o armazenamento de energia (FIG. 6). Este tipo de bateria funciona extraindo o oxigênio existente no ar para reagir com o zinco e produzir eletricidade.

Seu princípio de funcionamento é semelhante ao das baterias alcalinas, que também possui zinco no seu interior reagindo com o oxigênio para produzir energia. Porém, nestas baterias o oxigênio é fornecido por um componente interno (dióxido de manganês), nas baterias do tipo zinco-ar, o oxigênio vem da atmosfera, através das várias aberturas.

Existem dois tipos de baterias zinco-ar: as que podem ser recarregadas e as descartáveis. Baterias recarregáveis (onde células de zinco são substituídas) são utilizadas em aplicações como veículos elétricos movidos à bateria.

A grande vantagem deste tipo de bateria é sua durabilidade (tempo de descarga), muito maior do que a dos outros tipos até hoje existentes.



Figura 6 - Bateria de zinco-ar
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

3.7 Gel

Substituem as baterias de chumbo permitindo uma vida útil mais prolongada (FIG. 7). Basicamente não têm evaporação eletrolítica, como acontece com as baterias ácidas. Existem baterias de reduzidas dimensões especialmente concebidas para aplicações RFID.

Vantagens - não têm evaporação eletrolítica; maior resistência a temperaturas elevadas, choque e vibração.

Desvantagens - preço mais elevado do que as baterias de chumbo.



Figura 7 - Bateria de gel
Fonte: (ELECTRÓNICA, [200-?])

4 CARGA DE BATERIAS

Baterias e pilhas recarregáveis necessitam de carga; existem vários métodos para carregar uma bateria.

4.1 Tensão constante ou carga em flutuação

Este método aplica uma tensão constante nos pólos da bateria. A corrente de carga será determinada pelas características elétricas e químicas da bateria em carga. Isso não é recomendável, uma vez que, se a bateria estiver com suas grelhas internas em curto circuito a corrente circulante pelo sistema será muito elevada.

Esse método tem um inconveniente que é o elevado tempo de carga, uma vez que quando mais energia a bateria absorve, menor é a corrente de carga aplicada.

4.2 Tensão constante-limite corrente

Método semelhante ao anterior, mas com a proteção de sobrecarga, evitando assim problemas de correntes elevadas no sistema.

4.3 Corrente constante seguido de tensão constante

A bateria é carregada com uma corrente constante até que atinja a sua tensão de flutuação (aproximadamente 10% acima da tensão nominal), ao que após, o carregador passa a atuar no modo de tensão constante, evitando assim sobrecarga e mesmo a autodescarga.

4.4 Corrente constante para tempo definido

Este tipo de carga aplica uma corrente controlada constante pela bateria por um período determinado limitando o tempo de carga.

4.5 Corrente constante seguido de tensão corrigida

A corrente é constante durante a carga até que a bateria atinja sua tensão de carga (20% acima da sua tensão nominal) então, o carregador comuta para a tensão de flutuação mantendo a bateria neste estado indefinidamente.

4.6 Corrente constante seguido de tensão corrigida e queda de corrente

Idêntico ao anterior, a diferença é que quando atinge a tensão de carga, espera até que a corrente da bateria caia abaixo de 1% da sua capacidade nominal para que então comute para a tensão de flutuação, o que garante uma carga mais eficiente.

É o método que melhor carrega a bateria, sem nenhum risco de dano.

4.7 Delta de tensão zero ou negativo

Aplica-se uma corrente constante pela bateria de forma a que sua tensão se eleve (absorvendo energia) até um ponto de estabilidade. Neste ponto, termina-se a carga sob a condição de Delta V Zero.

Em alguns tipos de bateria, após o ponto de delta de tensão zero, a tensão começa a cair produzindo uma variação de tensão para baixo, caracterizando o termino por Delta V Negativo.

4.8 Temperatura máxima

A corrente de carga é bastante elevada, limitada apenas pela temperatura da bateria.

Necessita de refrigeração para que se mantenha a temperatura da bateria sempre constante no seu limite máximo.

5 COMPONENTES BÁSICOS

Algumas substâncias que fazem parte da composição química das baterias são potencialmente perigosas e podem afetar a saúde. Especificamente, o chumbo, o cádmio e o mercúrio.

Metais como o chumbo podem provocar doenças neurológicas; o cádmio afeta condição motora, assim como o mercúrio. É evidente que este assunto está em permanente pesquisa e a presença destes produtos está sendo reduzida.

No entanto, não há ocorrência registrada de contaminação ou prejuízo à saúde. Também não há registro de ocorrência de qualquer dano causado ao meio ambiente decorrente da deposição de pilhas em lixões.

As empresas que representam as marcas Duracell, Energizer, Eveready, Kodak, Panasonic, Philips, Rayovac e Varta, que compõem o Grupo Técnico de Pilhas da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) têm investido nos últimos anos somas consideráveis de recursos para reduzir ou eliminar estes materiais. Hoje elas já estão

atendendo as exigências do artigo 6º da Resolução n. 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA que estabelece os níveis máximos dessas substâncias em cada pilha e bateria.

6 EFEITOS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS EM PILHAS E BATERIAS

6.1 Cádmio

O cádmio é predominantemente consumido em países industrializados. Os maiores consumidores de cádmio são EUA, Japão, Bélgica, Alemanha, Grã-Bretanha e França, esses países representam cerca de 80% do consumo mundial.

Suas principais aplicações são como componentes de baterias de níquel-cádmio, revestimento contra corrosão, pigmentos de tintas, estabilizante, além de ser elemento de liga para indústria eletrônica.

Em 1986, o consumo americano de cádmio foi de 4800 toneladas. Desse total, 26% (1248 toneladas) foram usados na produção de baterias. Estimou-se, também, que 73% (911 toneladas) da quantidade utilizada para baterias foram para os depósitos de lixo municipal.

O descarte das baterias de níquel-cádmio nos lixos municipais representam cerca de 52% de todo o cádmio dos lixos municipais todo ano.

Os efeitos prejudiciais à saúde associados à exposição ao cádmio começaram a serem divulgados na década de 40, mas a pesquisa sobre seus efeitos aumentou bastante na década de 60 com a identificação do cádmio como o principal responsável pela doença "itai-itai". Essa doença atingiu mulheres japonesas que tinham sua dieta contaminada por cádmio.

Apesar do cádmio não ser essencial para o organismo dos mamíferos ele segue os mesmos caminhos no organismo de metais essenciais ao desenvolvimento como o zinco e o cobre. A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20-30 anos, ele se acumula principalmente nos rins, no fígado e nos ossos, podendo levar à disfunções renais e osteoporose.

6.2 Mercúrio

O mercúrio, apesar de ser um elemento natural que se encontra na natureza, pode ser encontrado em baixas concentrações no ar, na água e no solo. Consequentemente, o mercúrio pode estar presente, em algum grau, nas plantas, animais e tecidos humanos. Quando as concentrações do mercúrio excedem os valores normalmente presentes na natureza, entretanto, surge o risco de contaminação do meio ambiente e dos seres vivos, inclusive o homem.

O mercúrio é o único metal líquido à temperatura ambiente. Combina-se com outros elementos como o cloro, o enxofre e o oxigênio, formando compostos inorgânicos de mercúrio, na forma de pó ou de cristais brancos. Um desses compostos é o cloreto de mercúrio, que aparece nas pilhas secas. Esse composto prejudica todo o processo de reciclagem se não for retirado nas primeiras etapas de tratamento.

Embora muitos fabricantes afirmem o contrário, a maioria das pilhas zinco-carbono possui mercúrio em sua composição, proveniente do minério de manganês. Apenas atualmente alguns desses fabricantes têm encontrado soluções para evitar o uso deste metal. O mercúrio também se combina com carbono em compostos orgânicos.

O mercúrio é facilmente absorvido pelas vias respiratórias quando está sob a forma de vapor ou em poeira em suspensão e também é absorvido pela pele. A ingestão ocasional do mercúrio metálico na forma líquida não é considerada grave, porém quando inalado sob a forma de vapores aquecidos é muito perigoso. A exposição ao mercúrio pode ocorrer ao se respirar ar contaminado, por ingestão de água e comida contaminada e durante tratamentos dentários. Em altos teores, o mercúrio pode prejudicar o fígado, os pulmões, o cérebro, o

desenvolvimento de fetos, e também causar irritabilidade, timidez, tremores, distorções da visão e da audição, problemas de memória, náuseas, vômitos, diarreia, elevação da pressão arterial, pneumonia, dores no peito, dispneia, tosse, gengivite, salivação e distúrbios neuropsiquiátricos.

Ao contrário do chumbo e do cádmio, espera-se que a quantidade de mercúrio consumido na produção de baterias diminua.

6.3 Chumbo

O chumbo ocorre como contaminante ambiental e as concentrações no meio ambiente cresceram de acordo com o aumento do seu uso industrial. Com o advento da Revolução Industrial, as concentrações de chumbo no meio ambiente elevaram-se de forma alarmante, principalmente devido à introdução de compostos orgânicos de chumbo (chumbo tetraetila) como aditivo para gasolina.

Nos últimos anos a demanda de chumbo tem sofrido uma mudança quanto ao tipo de sua utilização. Seu emprego como antidetonante na gasolina e em tintas tem diminuído bastante, porém seu emprego em processos industriais tem aumentado significativamente. Usa-se chumbo na fabricação de canos para conduzir a água, na fabricação de revestimento de cabos elétricos, de chapas para pias, cisternas e telhados, na indústria de acumuladores, etc. O arsenato de chumbo tem sido muito empregado como inseticida.

Este metal pode ser introduzido no organismo através da inalação (ar atmosférico), ingestão (água, alimentos e solo contaminados) e por via dérmica (pele). Os compostos de chumbo lipossolúveis e projéteis de chumbo quando alojados na pele e nos músculos permitem a absorção do metal.

A principal manifestação clínica do efeito da intoxicação no sistema hematopoiético é a anemia que ocorre somente com altos níveis de exposição, o que atualmente não é muito comum. Já no sistema nervoso, por exposição crônica, os efeitos são as encefalopatias com irritabilidade, cefaleia, tremor muscular, alucinações, perda da memória e da capacidade de concentração. Esses sintomas podem progredir até o delírio, convulsões, paralisias e coma. Dados experimentais revelam que danos causados pelo chumbo podem afetar funções da memória e do aprendizado em todos os ciclos da vida.

O chumbo pode afetar o metabolismo do osso no período da menopausa na mulher, contribuindo para o desenvolvimento da osteoporose.

6.4 Lítio

Afeta o sistema nervoso central, gerando visão turva, ruídos nos ouvidos, vertigens, debilidade e tremores.

6.5 Níquel

Provoca dermatites, distúrbios respiratórios, gengivites, sabor metálico, “sarna de níquel”, efeitos carcinogênicos, cirrose e insuficiência renal.

6.6 Zinco

Provoca vômitos e diarreias.

6.7 Cobalto e seus compostos

Existentes na bateria de lítio causam a “sarna do cobalto”, além de conjuntivite, bronquite e asma.

6.8 Bióxido de manganês

Usado nas pilhas alcalinas, provoca anemia, dores abdominais, vômitos, crises nervosas, dores de cabeça, seborreia, impotência, tremor nas mãos, perturbação emocional.

7 UTILIZAÇÃO DE PILHAS E BATERIAS

Algumas das principais utilizações das pilhas e baterias:

- Comuns e alcalinas - utilizadas em brinquedos, lanternas, rádios, controles remoto, rádio-relógio, equipamentos fotográficos, *pager*, *walkmans*, etc.;
- Níquel-Metal-Hidreto (NiMH) - utilizadas por celulares, telefones sem fio, filmadoras e *notebook*;
- Íon-de-lítio - utilizadas em celulares e *notebook*;
- Zinco-ar - utilizadas em aparelhos auditivos;
- Lítio - equipamentos fotográficos, agendas eletrônicas, calculadoras, filmadoras, relógios, computadores, *notebook*, videocassetes;
- Níquel-cádmio - utilizadas por alguns celulares, telefones sem fio e alguns aparelhos que usam sistemas recarregáveis.
- Chumbo-ácido - utilizadas em veículos (baterias de carro, por exemplo) e pelas indústrias (comercializadas diretamente entre os fabricantes e as indústrias) e, além de algumas filmadoras de modelo antigo. Estas já possuem um esquema de coleta e reciclagem funcionando.

Óxido de mercúrio - utilizadas em instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle (são pilhas especiais que não são encontradas no comércio).

8 RECICLAGEM

Conforme Resolução n. 257/1999 do CONAMA todo consumidor usuário final é obrigado a devolver sua bateria usada a um ponto de venda. Os pontos de venda são obrigados a aceitar a devolução de sua bateria usada, bem como armazená-la em local adequado e devolvê-la ao fabricante para reciclagem.

Reciclar é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos e reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram. É o resultado de uma série de atividades, pelas quais materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos (FIG. 8).

Reciclagem é um termo originalmente utilizado para indicar o reaproveitamento (ou a reutilização) de um polímero no mesmo processo em que, por alguma razão foi rejeitado. O retorno da matéria-prima ao ciclo de produção é denominado reciclagem, embora o termo já venha sendo utilizado popularmente para designar o conjunto de operações envolvidas.

O vocábulo surgiu na década de 1970, quando as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com maior rigor, especialmente após o primeiro choque do petróleo, quando reciclar ganhou importância estratégica.

As indústrias de reciclagem são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Na maior parte dos processos, o produto reciclado é completamente diferente do produto inicial.

Há limitações na reciclagem de um metal, por exemplo. Algumas considerações importantes: a quantidade e a pureza do material recuperado, os mercados para o reciclado, o valor unitário do metal, os custos de coleta, entrepostagem e transporte, a quantidade, a periculosidade e os custos de tratamento e disposição dos resíduos do reprocessamento e custo final da operação como um todo.

Os fatores que mais influenciam na disponibilidade de metais para reciclagem são: 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), a extensão, o grau de capilaridade, a eficiência do sistema de coleta, entrepostos e a distribuição de produtos pós-consumo.



Figura 8 – Símbolo da reciclagem
Fonte: (CENTRO DAS BATERIAS, [200-?])

As pilhas e baterias, quando descartadas em lixões ou aterros sanitários, liberam componentes tóxicos que contaminam o solo, os cursos d'água e os lençóis freáticos, afetando a flora e a fauna das regiões circunvizinhas e o homem, pela cadeia alimentar. Devido aos seus componentes tóxicos, as pilhas podem também afetar a qualidade do produto obtido na compostagem de lixo orgânico. Além disso, sua queima em incineradores também não consiste em uma boa prática, pois seus resíduos tóxicos permanecem nas cinzas e parte deles pode volatilizar, contaminando a atmosfera.

Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado das pilhas e baterias usadas e a necessidade de disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado (coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final) de pilhas e baterias usadas, a Resolução n. 257/1999 do CONAMA resolve em seu artigo primeiro:

"As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessário ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletroeletrônicos que os contenham integrados em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou a rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem diretamente, ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequado."

Algumas pilhas podem ser jogadas no lixo doméstico, sem qualquer risco ao meio ambiente, conforme determinação da Resolução n. 257/1999 como, por exemplo, as comuns e alcalinas, Níquel-Metal-Hidreto, Íon-de-Lítio, Zinco-ar e Lítio.

Portanto, essas pilhas não precisam ser recolhidas e nem depositadas em aterros especiais. Isto porque os fabricantes nacionais e os importadores legalizados já comercializam, no mercado brasileiro, pilhas que atendem perfeitamente as determinações do CONAMA no que diz respeito aos limites máximos de metais pesados em suas constituições.

Portanto, só devem ser encaminhadas aos fabricantes e importadores, as pilhas e baterias de Níquel-cádmio, Chumbo-ácido e Óxido de mercúrio.

As empresas alertam para os cuidados que se deve ter com as pilhas e baterias falsificadas ou importadas ilegalmente que, na maioria das vezes, não atendem as especificações corretas.

Ícones indicativos para o descarte (FIG. 9 e 10):



Figura 9 - Ícone de indicação que a pilha ou bateria pode ser descartada no lixo doméstico
Fonte: (LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO, [200-?])



Figura 10 - Ícone de indicação que a pilha ou bateria não pode ser descartada no lixo doméstico
Fonte: (LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO, [200-?])

9 PROCESSOS DE RECICLAGEM

Devido a pressões políticas e novas legislações ambientais que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países do mundo alguns processos foram desenvolvidos visando à reciclagem desses produtos.

Para promover a reciclagem de pilhas, é necessário inicialmente o conhecimento de sua composição. Infelizmente, não há uma correlação entre o tamanho ou formato das pilhas e a sua composição.

Em diferentes laboratórios têm sido realizadas pesquisas de modo a desenvolver processos para reciclar as baterias usadas ou, em alguns casos, tratá-las para uma disposição segura.

As baterias de níquel-cádmio muitas vezes são recuperadas separadamente das outras devido a dois fatores importantes, um é a presença do cádmio, que promove algumas dificuldades na recuperação do mercúrio e do zinco por destilação; o outro é dificuldade de se separar o ferro e o níquel.

Os processos de reciclagem de pilhas e baterias podem seguir três linhas distintas: a baseada em operações de tratamento de minérios (mineralúrgica), a hidrometalúrgica ou

a pirometalúrgica. Algumas vezes estes processos são específicos para reciclagem de pilhas, outras vezes as pilhas são recicladas juntamente com outros tipos de materiais.

Geralmente, os processos envolvem três fases: a triagem, o tratamento físico e o tratamento metalúrgico.

O tratamento físico consiste na moagem e posterior separação de constituintes. O tratamento metalúrgico consiste de um de dois processos, consoante a tecnologia adaptada pela unidade de reciclagem.

9.1 Mineralúrgica

Consiste de operações - aplicadas aos bens minerais - visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais. Há também um conceito mais amplo para o tratamento, como sendo um processamento no qual os minerais podem sofrer até alterações de ordem química, resultantes de simples decomposição térmica ou mesmo de reações típicas geradas pela presença do calor. Podem ser consideradas como sendo operações pirometalúrgicas.

9.2 Hidrometalúrgica

Opera geralmente a temperaturas que não excedem os 100° C. As pilhas usadas, sujeitas à moagem prévia, passam por um processo com ácido hidrocloreto ou sulfúrico, seguindo-se a purificação das soluções através de operações de precipitação ou eletrólise para recuperação do zinco, cádmio e do níquel. Muitas vezes o mercúrio é removido previamente por aquecimento.

9.3 Pirometalúrgica

Após a moagem, o ferro é separado magneticamente. Os outros metais são separados tendo em conta os diferentes pontos de fusão. Uma queima inicial permite a total recuperação do mercúrio e do zinco nos gases de saída. O resíduo é então aquecido acima de 1000° C com um agente redutor, ocorrendo nesta fase a reciclagem de mais algum zinco. Trata-se, portanto de um processo térmico que consiste em evaporar a temperatura precisa cada metal para recuperá-lo depois, por condensação.

10 MÉTODOS DE RECICLAGEM

- SUMITOMO - Processo japonês totalmente pirometalúrgico de custo bastante elevado é utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas, com exceção das do tipo níquel-cádmio.
- RECYTEC - Processo utilizado na Suíça e nos Países Baixos desde 1994, que combina pirometalurgia, hidrometalurgia e mineralurgia. É utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e também lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que contenham mercúrio. Esse processo não é utilizado para a reciclagem de baterias de níquel-cádmio, que são separadas e enviadas para uma empresa que faça esse tipo de reciclagem. O investimento deste processo é menor que o SUMITOMO entretanto os custos de operação são maiores.
- ATECH - Basicamente mineralúrgico e portanto com custo inferior aos processos anteriores, utilizado na reciclagem de todas as pilhas.
- SNAM-SAVAM - Processo francês, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo níquel-cádmio.
- SAB-NIFE - Processo sueco, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo níquel-cádmio.

- INMETCO - Processo norte americano da INCO (Pennsylvania, EUA), foi desenvolvido inicialmente, com o objetivo de se recuperar poeiras metálicas provenientes de fornos elétricos. Entretanto, o processo pode ser utilizado para recuperar também resíduos metálicos provenientes de outros processos e as pilhas níquel-cádmio se enquadram nestes outros tipos de resíduos.
- WAELZ - Processo pirometalúrgico para recuperação de metais provenientes de poeiras. Basicamente, o processo se dá através de fornos rotativos. É possível recuperar metais como zinco, chumbo, cádmio.

11 EXEMPLO DE RECICLAGEM DE BATERIAS VEICULARES

As origens da bateria moderna remontam a 1800, quando o italiano Alessandro Volta criou a pilha não recarregável. Em 1859, o francês Gaston Plantê aperfeiçoou o invento, que passou a acumular energia elétrica, sendo recarregável. Sua utilização na ignição dos automóveis surgiu décadas depois em 1912. Com dois séculos de evolução, o equipamento é responsável, nos dias de hoje, pelo gerenciamento eletrônico do veículo. O motor de partida, rádios, faróis, motores acionadores de vidros e aparelhos de ar condicionado são alguns dos acessórios que dependem dessa fonte de energia. Imaginar um carro sem bateria é o mesmo que supor a sobrevivência de um corpo humano sem alimento (FIG. 11).

São consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive tratores, equipamentos de construção, cadeiras de rodas e assemelhados.

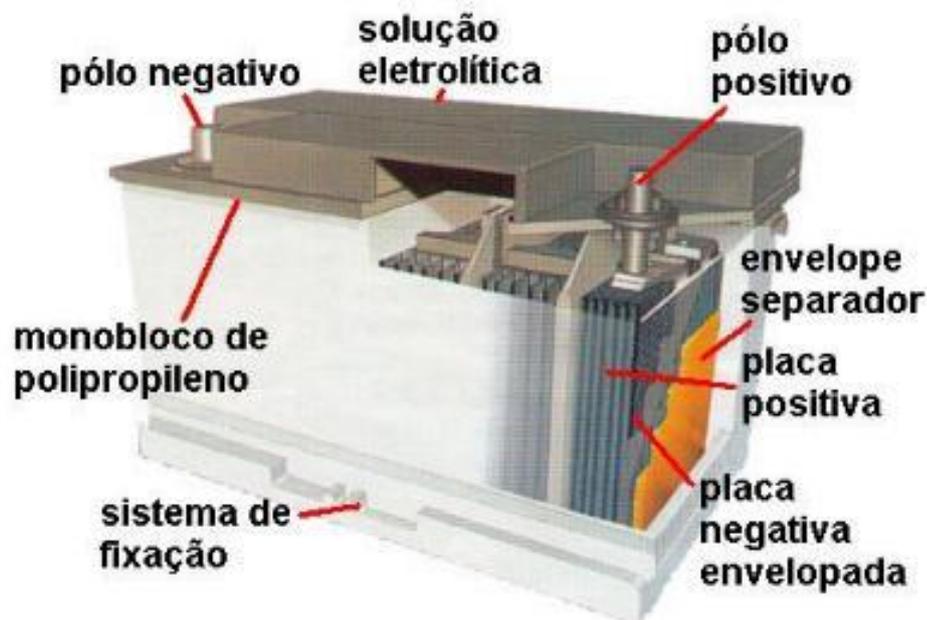


Figura 11 - Componentes de baterias veiculares

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.1 Campanha de orientação visando a coleta para reciclagem

Mais de 20.000 cartazes foram distribuídos pelos fabricantes a todos os distribuidores, auto-elétricos, concessionárias de veículos, supermercados e demais postos de revenda e assistência técnica de baterias automotivas em todo o país (FIG. 12). O objetivo era instruir os consumidores, e todos os responsáveis pelos estabelecimentos que as comercializam, sobre as obrigações de cada um para atender a legislação ambiental - Resolução n. 257, de 30 de junho de 1999 do CONAMA.

Portanto, entraram em vigor as obrigações que envolvem desde o consumidor até o fabricante, incluindo toda a cadeia comercial no processo de coleta de baterias usadas, com destino à reciclagem.

CONSUMIDOR

Você Também é Responsável

Preserve o Meio Ambiente

Conforme Resolução 257/99 do CONAMA

•TODO CONSUMIDOR/ USUÁRIO FINAL É OBRIGADO A DEVOLVER SUA BATERIA USADA A UM PONTO DE VENDA. NÃO DESCARTE NO LIXO.

•OS PONTOS DE VENDA SÃO OBRIGADOS A ACEITAR A DEVOÇÃO DE SUA BATERIA USADA, BEM COMO ARMAZENÁ-LA EM LOCAL ADEQUADO E DEVOLVÊ-LA AO FABRICANTE PARA RECICLAGEM.

**Devolva sua
bateria usada
AQUI!**



Riscos do contato com a solução ácida e com o Chumbo:

A solução ácida e o Chumbo contidos na bateria se descartados na natureza de forma incorreta poderão contaminar o solo, o subsolo e as águas. O consumo de águas contaminadas pode causar hipertensão arterial, anemia, desânimo, fraqueza, dores nas pernas e sonolência.

O contato da solução ácida com os olhos causa conjuntivite química e com a pele dermatite de contato.

No caso de contato acidental com os olhos ou com a pele, lavar imediatamente com água corrente e procurar orientação médica.



O manuseio e/ou disposição inadequada de baterias veiculares usadas degrada o meio ambiente e pode ser prejudicial à sua saúde.

abinee Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
Informações adicionais consulte o site www.abinee.org.br

Figura 12 – Cartaz de chamada ao consumidor e ao revendedor para responsabilidade na preservação do meio ambiente

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.2 Coleta

Todos os estabelecimentos que comercializam baterias automotivas são obrigados a aceitar a devolução de baterias usadas de qualquer marca, preservar a solução ácida (não jogando em esgotos, nem adicionando água). Cuidar para que o manuseio seja efetuado de forma adequada, evitando o tombamento das baterias em qualquer situação de armazenagem ou transporte para que não haja vazamento da solução ácida (FIG. 13).



Figura 13 - Coleta

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.3 Armazenagem

As baterias usadas devem ser armazenadas em local coberto, com piso apropriado (concreto) com muretas ou canaletas, ou em recipiente tal que possa ser usado como contenção em caso de vazamentos (FIG. 14). Também devem ser mantidas separadas de baterias novas e/ou outros produtos.



Figura 14 - Armazenagem

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.4 Transporte

Deverão cuidar para que o transporte das baterias usadas esteja de acordo com o Decreto Lei n. 96.044 de 18 de maio de 1988, que trata do transporte rodoviário de produtos perigosos e legislação e normas técnicas complementares como segue:

- Os veículos deverão ter afixados painéis de segurança (placas contendo numero de identificação do risco do produto e numero do produto: 88/2794) e rótulos de risco (Placa de Corrosivo), conforme NBR 8500 (FIG. 15);
- O Motorista deverá ser credenciado para o transporte de produtos perigosos;
- O transporte deverá ser com carga lonada, quando não for veículo baú.



Figura 15 - Transporte

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.5 Segurança

O veículo deverá ter kit de emergência e Equipamento de Proteção Individual (EPI) para uso em caso de acidente ou vazamento (FIG. 16).



Figura 16 - EPI (Equipamento de Proteção Individual)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

O motorista deverá manter envelope com ficha de emergência (FIG. 17) contendo instruções sobre o procedimento a ser seguido em casos de vazamento, incêndio, ingestão ou inalação, etc. e telefones para contato em caso de emergência.



Figura 17 - Envelope com ficha de emergência

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.6 Reciclagem do chumbo e plástico



Figura 18 - Alimentador de baterias usadas

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 19 - Triturador de sucas de baterias

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 20 - Separador de Polietileno (rejeitos)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 21 - Reciclagem de Polipropileno (plástico)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 22 - Recuperação de grelhas (chumbo ligado)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.7 Reciclagem do chumbo



Figura 23 - Separador de chumbo

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 24 - Forno de fundição

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

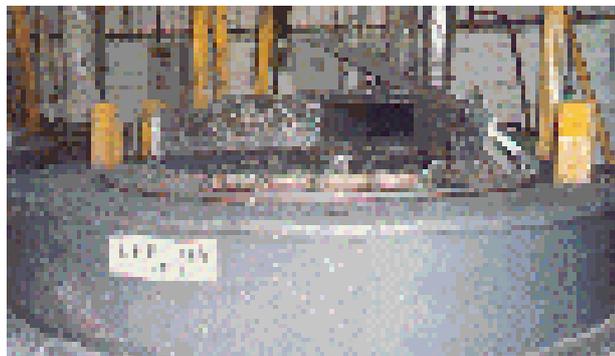


Figura 25 - Cadinho do refino

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

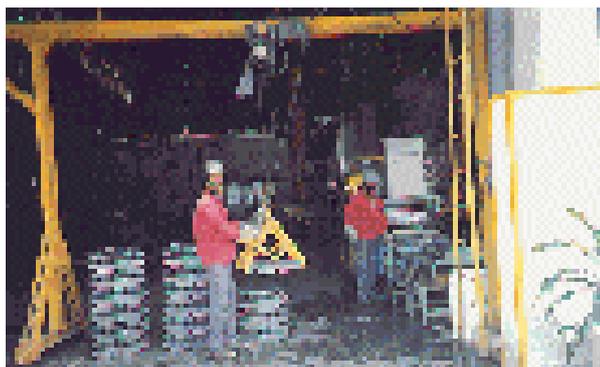


Figura 26 - Lingotamento

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 27 - Chumbo e ligas reciclados

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.8 Reciclagem do plástico

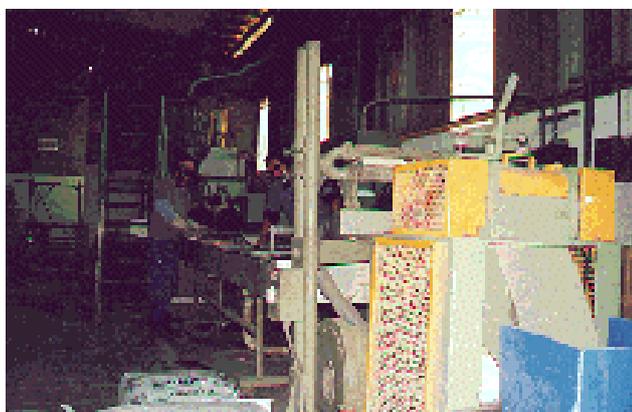


Figura 28 - Recuperação do plástico

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 29 - Reutilização do plástico na produção de caixa e tampa de novas baterias
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

11.9 Processo de neutralização do ácido



Figura 30 - Coletor de água com ácido
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 31 - Neutralizador do ácido (mistura de cal para iniciar processo de estilação)
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 32- Filtro prensa (recuperação dos óxidos)
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])



Figura 33 - Coletor de água destilada (retorno para reutilização)

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, [200-?])

Conclusões e recomendações

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Esses resíduos são provenientes de lâmpadas fluorescentes, termômetros, latas de inseticidas, pilhas e baterias, entre outros produtos que a população joga no lixo, pois não sabe que se trata de resíduos perigosos contendo metais pesados ou elementos tóxicos ou não tem alternativa para descartar esses resíduos.

As pilhas e baterias apresentam em sua composição metais considerados perigosos à saúde humana e ao meio ambiente como mercúrio, chumbo, cobre, zinco, cádmio, manganês, níquel e lítio. Dentre esses metais, os que apresentam maior risco à saúde são o chumbo, o mercúrio e o cádmio.

As baterias são consideradas reutilizáveis pois podem ser recarregadas sendo, portanto, utilizadas várias vezes. Quando elas se estragam e não podem mais ser recarregadas ou reutilizadas, são então descartadas, não tendo mais função para o consumidor comum. Elas podem ser encaminhadas para a reciclagem. Esse processo, pelo menos por enquanto, não é viável do ponto de vista econômico, não gerando lucro, mas sim necessitando de investimentos para ser praticado.

Entretanto a reciclagem e a recuperação dos metais pesados destas pilhas são práticas ambientalmente adequadas, pois evitam a disposição destes metais pesados, extremamente deletérios ao ambiente, na natureza, o que aconteceria se elas fossem simplesmente jogadas no lixo.

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT informa que já existem, no banco de informação, Respostas Técnicas que abordam este assunto e podem complementar as informações aqui prestadas.

Para visualizar esses arquivos, acesse o [site <www.respostatecnica.org.br>](http://www.respostatecnica.org.br) com seu *login* e senha e realize a Busca Avançada utilizando as palavras-chave para encontrar os arquivos recomendados para leitura: aproveitamento de resíduo; bateria; cádmio; chumbo; metal pesado; mercúrio; pilha; reciclagem; resíduo químico.

Referências

AMBIENTEBRASIL – PORTAL AMBIENTAL. **Pilhas e baterias**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=/residuos/pilhas.html>>. Acesso em: 19 nov. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Baterias veiculares**. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/programas/prog07.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2007.

CEMPRE. **O mercado da reciclagem.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_bateria_chumbo_acido.php>. Acesso em: 19 nov. 2007.

CENTRO DAS BATERIAS. **Recicle, um gesto humano.** Disponível em: <http://centrodasbaterias.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=9>. Acesso em: 19 nov. 2007.

CETEM. **Introdução ao tratamento de minérios.** Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2004-179-00.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2007.

CETEM. **Reciclagem.** Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2004-191-00.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL. **Baterias e pilhas – métodos de reciclagem.** Disponível em: <http://www.cti.furg.br/~marcia/a03_lixo/Baterias.htm>. Acesso em: 20 nov. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 257, de 30 de junho de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res/res99/res25799.html>>. Acesso em: 27 nov. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 263, de 12 de novembro de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res26399.html>>. Acesso em: 27 nov. 2007.

DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS. **Métodos de reciclagem.** Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/exact-sciences/earth-sciences/water-science/1668042-descarte-pilhas-baterias-parte/>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS. **Pilhas e baterias destinadas ao lixo doméstico.** Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/exact-sciences/earth-sciences/water-science/1668042-descarte-pilhas-baterias-parte/>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

ELECTRÓNICA. **Tipos de baterias e pilhas.** Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/40/39/>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

MAVROPOULOS, Elena. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais.** Fundação Oswaldo Cruz; Escola Nacional de Saúde Pública, 1999. Disponível em: <http://portalteses.cict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_chap&id=00006602&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 nov. 2007.

O QUE DIZEM as páginas das empresas na internet. Disponível em: <http://www.idec.org.br/arquivos/quadro_sites_celulares.doc>. Acesso em: 30 nov. 2007.

PILHAS E ACUMULADORES. **Pilhas e acumuladores domésticos.** Disponível em: <<http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/pilacum.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

SAÚDE NA INTERNET. **Reciclagem das baterias de celular.** Disponível em: <http://www.saudenainternet.com.br/portal_saude/reciclagem-das-baterias-de-celular.php>. Acesso em: 30 nov. 2007.

RECICLAGEM.NET – PORTAL DA RECICLAGEM E DO MEIO AMBIENTE. **Reciclar baterias e pilhas.** Disponível em: <http://www.compam.com.br/re_baterias.htm>. Acesso em: 19 nov. 2007.





Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

www.respostatecnica.org.br