

IMPACTOS AMBIENTAIS E SANITÁRIOS CAUSADOS POR DESCARTE INADEQUADO DE PILHAS E BATERIAS USADAS

Autores

Nívea Maria Vega Longo Reidler

Consultora em Engenharia Sanitária e Ambiental pela ENGEMAC – Engenharia, Indústria e Comércio Ltda.

Mestre em Saúde Pública (FSP-USP)

Especialista em: Engenharia Ambiental e Saúde Pública (FSP-USP), Controle Sanitário e Ambiental (Stockholms Universitet – Estocolmo / Suécia), Tecnologia Ambiental (Kungl Tekniska Högskolan – Estocolmo / Suécia)

Bacharel e Licenciada em Química

e-mail: nreidler@yahoo.com

Wanda Maria Risso Günther

Engenheira Civil e Socióloga

Especialista em: Engenharia de Saúde Pública

Mestre e Doutora em Saúde Pública

Professora e pesquisadora (FSP-USP)

Consultora na área ambiental

e-mail: wgunther@usp.br

Resumo

O artigo versa sobre a investigação dos impactos ambientais e sanitários causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas junto com o resíduo sólido comum. O estudo abrange as pilhas e baterias portáteis que contêm metais pesados e outras substâncias tóxicas que, após o uso, são consideradas como resíduos perigosos. Não foram contempladas as baterias industriais e veiculares. A legislação vigente no Brasil sobre o tema é avaliada, verificando-se sua adequação e aplicabilidade, concluindo-se que, embora recente (de 1999), há a necessidade de atualização da referida legislação. Embora nem todos os tipos de pilhas e baterias apresentem o mesmo grau de periculosidade do ponto de vista sanitário e ambiental, o estudo recomenda, para o Brasil e para todos os países em desenvolvimento, a coleta, o tratamento e a disposição final adequada de todos os tipos de pilhas e baterias usadas, eliminando, assim, a dificuldade apresentada pela segregação das mesmas por tipo.

Palavras-chave

pilhas e baterias usadas; resíduos perigosos; resíduos especiais.

1. Introdução

No final da década de 1970 surgiram os primeiros sinais de alerta sobre os perigos de se descartar baterias e pilhas usadas junto com o resíduo comum. Até a década de 1980, normalmente eram utilizadas para o uso doméstico as baterias em forma de bastonetes, principalmente de Zn-C, as quais, quando exauridas, eram descartadas como resíduo domiciliar. No final desta década, em alguns países da Europa, surgiu a preocupação em relação aos riscos que representa a disposição inadequada desses resíduos, o que motivou a busca de mecanismos para seu gerenciamento, visando minimizar os riscos sanitários e ambientais. Até 1985, todas as pilhas, exceto as de lítio,

continham mercúrio metálico – um metal pesado, não biodegradável, extremamente tóxico à saúde e ao ambiente – em porções variadas (de 0,01% a 30%). Após o advento do transistor e do conseqüente surgimento de inúmeros equipamentos movidos à bateria, foram sendo desenvolvidos novos tipos de pilhas e baterias. A alta potência de alguns tipos deve-se à presença em sua composição, além de metais pesados, de outros aditivos potencialmente perigosos à saúde e ao ambiente. As novas tecnologias trouxeram consigo novas questões ambientais e sanitárias a serem estudadas que, atualmente, encontram-se amplamente debatidas e estudadas no mundo industrializado.

No Brasil, as pilhas e baterias exauridas são descartadas no lixo comum por falta de conhecimento dos riscos que representam à saúde humana e ao ambiente, ou por carência de outra alternativa de descarte. Esses produtos contêm metais pesados, como mercúrio, chumbo, cádmio, níquel, entre outros, potencialmente perigosos à saúde. Esses metais, sendo bioacumulativos depositam-se no organismo, afetando suas funções orgânicas. Outras substâncias tóxicas presentes nesses produtos podem atingir e contaminar os aquíferos freáticos, comprometendo a qualidade desses meios e seu uso posterior como fontes de abastecimento de água e de produção de alimentos.

No Brasil, até a década de 1990, não se cogitava sobre a questão da contaminação ambiental por pilhas e baterias usadas. No entanto, desde 1999, o país possui legislação específica que dispõe sobre as pilhas e baterias que contêm mercúrio, chumbo e cádmio (Resoluções Conama: nº 257, de 30/06/99; e nº 263, de 12/11/99). Mas essa medida legal, embora necessária e em vigor, mostra-se insuficiente para solucionar, na prática, o problema do descarte inadequado desses resíduos. Desde sua publicação, muita polêmica está na generalização de que todas as pilhas e baterias usadas devem ser classificadas como resíduos perigosos. Na verdade, ainda não há estudos suficientes que comprovem a necessidade de se recolher outros tipos de pilhas e baterias, além dos especificados na referida legislação, apesar de já haver, nos países da União Européia, entre outros, forte pressão para que todos os tipos sejam coletados, tratados e dispostos adequadamente, em razão da constante evolução da tecnologia com utilização de novos materiais e do aumento progressivo do consumo desses produtos. Afora isso, no caso brasileiro, deve-se alertar para a questão de outros tipos de pilhas e baterias, que mesmo não contendo os metais (cádmio, mercúrio e chumbo) referidos nas Resoluções Conama em vigor, por causa do volume e da velocidade de geração de seus resíduos, como também da composição desconhecida de alguns tipos, representam atualmente problemas ambientais, tornando-se tão prejudiciais como os resíduos das pilhas e baterias regulamentadas, fato que merece um estudo com maior profundidade.

2. Metodologia

Partindo-se das questões: “Seria a proibição do descarte no resíduo sólido comum de pilhas e baterias contendo cádmio, mercúrio e chumbo suficiente para assegurar a ausência de riscos ao ambiente e à saúde pública? Seria necessária a inclusão de outros tipos de pilhas e baterias na regulamentação?”, optou-se por um estudo de caráter exploratório. Foi executado um levantamento dos tipos de pilhas e baterias destinadas ao consumidor, existentes no mercado da cidade de São Paulo, visando identificar o gerenciamento dado a cada tipo específico. Após identificação dos principais componentes de cada sistema químico, selecionou-se dez dos metais, considerados potencialmente perigosos – Cd; Pb; Co; Cr; Li; Mn; Hg; Ni; Ag e Zn -, para avaliação dos impactos desses resíduos quando descartados inadequadamente, abordando-se: os efeitos e riscos ambientais à saúde, as vias de introdução no organismo e a toxicidade, para cada um deles.

3. Resultados e Discussão

As pilhas e baterias podem ser classificadas de várias maneiras de acordo com seu formato, tamanho, sistema químico, se não abertas ou fechadas, removíveis ou fixadas no aparelho, entre outros. Podem ser divididas em primárias (one way ou pilhas descartáveis) e secundárias (baterias recarregáveis ou acumuladores). As baterias recarregáveis, isto é, fixas em alguns aparelhos, são utilizadas para “armazenar” memória em computadores portáteis, entre outras aplicações. Outra classificação refere-se à finalidade a que se destinam: para uso caseiro e em geral em muitos equipamentos portáteis (domésticos e profissionais), correspondendo a 90% do mercado mundial; pilhas tipo botão: utilizadas em relógios, câmeras fotográficas, aparelhos de surdez; e outros, respondendo por 2% do mercado mundial; e recarregáveis: utilizadas em computadores portáteis, telefones celulares e sem fio, câmeras de vídeo, brinquedos, ferramentas elétricas, além de equipamentos que possuem bateria fixa em sua estrutura; correspondendo a 8% do mercado mundial (Reidler 2002). O Quadro 1 apresenta os tipos de pilhas e baterias portáteis estudados, disponíveis no mercado.

Quadro 1: Tipos de pilhas e baterias portáteis estudados, disponíveis no mercado.

PRIMÁRIAS (descartáveis)			
Sistema químico	Espécie Reduzida (cátodo)	Espécie Oxidada (ânodo)	Eletrólito (condutor de corrente elétrica)
Zinco-carbono	MnO ₂	Zn	NH ₄ Cl
Zinco-cloreto	MnO ₂	Zn	ZnCl ₂
Manganês (alcalino)	MnO ₂	Zn em pó	KOH
Óxido de mercúrio	HgO	Zn em pó	NaOH ou KOH
Óxido de prata	Ag ₂ O	Zn em pó	NaOH ou KOH
Zinco-ar	O ₂ (do ar)	Zn em pó	KOH
Lítio	MnO ₂	Li	alcalino ou solvente orgânico
SECUNDÁRIAS (recarregáveis)			
Níquelcádmio	NiO ₂	Cd	NaOH ou KOH
Chumbo-ácido	PbO ₂	Pb	H ₂ SO ₄
Níquel-metal hidreto	Ni (OH) ₂	M (liga absorvente de H)	solução constituída principalmente de KOH
Lítio-íon	LiCoO ₂	carbono cristalizado	solvente orgânico otimizado por carbono

Fontes: CEMPRE (1995); CETEM (1999); ABINEE (2000); CFETEQRJ (2000); BYD (2001).

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DOS TIPOS DE PILHAS E BATERIAS ESTUDADAS

1. PILHAS & BATERIAS NÃO REGULAMENTADAS PELA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, SENDO SEU DESCARTE PERMITIDO JUNTO COM RESÍDUO SÓLIDO COMUM

Zinco-carbono (Zn-C)

(pilhas comuns ou de Leclanché)

Formato cilíndrico, de diversos tamanhos. Contêm, em média, 0,01% de Hg, sob a forma de HgCl₂, que reage com a superfície interna do invólucro de Zn e também 0,01% de Cd (em peso), além de MnO₂, NH₄Cl e ZnCl₂, que são um tanto ácidos, portanto, corrosivos.

Se a reação de oxidação durante a descarga não for uniforme, ocorre corrosão excessiva, com perfuração do invólucro e vazamento de eletrodo corrosivo.

Zinco-cloreto (Zn-Cl)

(pilhas *Heavy Duty*, ou de alto desempenho)

Formato cilíndrico, de diversos tamanhos. São similares às anteriores na construção, mas possuem maior durabilidade (40% a mais), maior resistência a vazamentos e suportam maiores variações de temperatura. Contêm em média 0,01% de Hg e 0,01% de Cd (em peso).

Alcalinas de manganês (Mn)

(pilhas de longa duração)

Formatos cilíndrico, retangular e de botão, de diversos tamanhos. Possuem alto desempenho, qualidade elétrica superior, são mais resistentes a altas temperaturas e oferecem maior segurança contra vazamentos. Uma única pilha alcalina pode substituir 3,5 pilhas comuns, ou 2,5 pilhas do tipo *Heavy Duty*, mas são muito mais caras. Necessitam de maior quantidade de Hg que as pilhas de Zn-C e de Zn-Cl (0,5 a 1,0% em peso). Dependendo dos padrões estabelecidos pelo país, as pilhas alcalinas contêm de 0,5 a 1% em peso de Hg. Em alguns países, praticamente quase todo o mercúrio foi eliminado das pilhas de Zn-C e Zn-Cl e das alcalinas, restando apenas 0,025% de Hg metálico, mas as alcalinas contêm significativas quantidades de Hg amalgamado com o Zn em pó.

Óxido de prata (Ag₂O)

(baterias primárias de prata)

Parecidas com as de HgO, possuem cerca de 1% (em peso) de Hg. Apesar do alto teor de oxigênio, oferecem apenas uma modesta vantagem sobre as de HgO, podendo prolongar sua vida útil de 10% a 15%. Produzem voltagens mais altas que as dos sistemas de HgO, de Zn-C e de Zn-Cl, mas seu sistema é menos estável, acarretando uma diminuição de sua vida útil. São mais caras e só existem na forma de botão. Deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido ao seu teor de mercúrio.

Zinco-ar (Zn-ar)

Seu desenvolvimento é recente e vêm, gradativamente, substituindo as baterias primárias de HgO, só existindo na forma de botão. Possuem maior capacidade energética e são menos poluentes, mas o sistema apresenta uma série de problemas: as impurezas presentes no ar, de acordo com as condições climáticas e o local, podem interferir em seu funcionamento; devem permanecer lacradas até sua utilização, para não descarregar prematuramente. Contêm cerca de 1% (em peso) de Hg. Deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido ao teor de mercúrio.

Lítio (Li)

Formatos cilíndrico ou de botão. Isentas de Hg e de Cd, apresentando longa durabilidade. Oferecem o dobro de voltagem em relação aos demais tipos. O Li tem alto potencial eletroquímico e baixo peso (30 vezes < que o do Pb). Essas pilhas deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido a várias substâncias tóxicas presentes em seu sistema.

Níquel-metal hidreto (Ni-MH)

De formato cilíndrico e prismático, as baterias recarregáveis de Ni-MH tiveram grande penetração no mercado em pouco tempo, principalmente na telefonia celular. Possuem aproximadamente o dobro da densidade de energia e uma voltagem de operação similar às baterias de Ni-Cd (proporcionando capacidade cerca de 30% maior). O eletrodo de níquel é bem mais volumoso. Sabe-se, extra-oficialmente, que a liga de MH é composta

basicamente por quatro metais: níquel, vanádio, titânio e nióbio, os quais formam hidretos superficiais transitórios, que fazem o papel do cádmio na tradicional bateria de Ni-Cd. Outras baterias utilizam como componentes da liga MH, metais extremamente tóxicos como: cromo, estanho, antimônio, alumínio, cobalto, zircônio, germânio, lantânio e seus compostos, entre outros, tornando-as muito mais caras do que as de Ni-Cd. Têm longa vida útil e são isentas de cádmio e, praticamente, isentas de mercúrio. Teoricamente, são consideradas menos agressivas ao ambiente que as baterias de Ni-Cd, mas devido à sua crescente produção constituem problema para o gerenciamento dos resíduos sólidos, devido à alta concentração de níquel que apresentam. Quando exauridas, deveriam ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, apesar de a legislação brasileira não exigir tais procedimentos.

Lítio-íon (Li-íon)

Nova bateria recarregável para proporcionar maior densidade de energia e suprir as necessidades de equipamentos cada vez menores e mais leves, com produtos menos agressivos, portanto são menos poluentes. Apresentam quatro formatos: cilíndrica, concha prismática, prismática de alumínio com cantos arredondados e prismática de concha de aço. São largamente utilizadas para aplicações trifásicas, como: computadores pessoais, telefones celulares, equipamentos eletrônicos portáteis, câmeras de vídeo, etc. Deve-se evitar: altas temperaturas, vazamentos de líquidos, ondas eletromagnéticas, impactos mecânicos, incineração e outras condições anormais de segurança, pois correm riscos de explosão ou de vazamento. Deveriam ser coletadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, mesmo quando exauridas, apesar de a legislação brasileira não exigir tais procedimentos.

2. PILHAS & BATERIAS REGULAMENTADAS PELA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Óxido de mercúrio (HgO) (*Ruben-Mallory*)

Diversos tamanhos, nos formatos: cilíndrico, retangular e, principalmente, de botão. Contém alto teor energético por unidade de peso ou volume, devido ao alto teor de oxigênio. Pesam cerca de 2,5g, sendo 30% do seu peso total constituído por Hg inorgânico. Apresentam vantagens como: vida longa, alta densidade de energia, boa estabilidade e liberação instantânea de grande intensidade de energia. Basta a presença de uma única pilha de HgO, em seis toneladas de resíduos, para ultrapassar o limite do teor de Hg no resíduo sólido urbano permitido pela Legislação Federal dos EUA (U.S. EPA, 2002). Parte do Hg contido nessas baterias apresenta-se sob sua forma mais tóxica, o metilmercúrio. Devem ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente. Porém, não existe no país nenhum controle, ou alguma ação prática a esse respeito.

Níquel-cádmio (Ni-Cd)

Com largo campo de aplicação, são de dois tipos: baterias abertas - grandes unidades (não contempladas nesta pesquisa); e baterias de Ni-Cd recarregáveis, portáteis, lacradas, de gás comprimido, fabricadas nos formatos de botão e cilíndrico. A porcentagem de Cd é menor do que a do Ni e representa cerca de 15% do peso total. Possuem excelentes características técnicas e funcionam mesmo em condições extremas de temperatura. Eficientes e seguras, não necessitam de manutenção. São mais baratas do que as de Ni-MH e que as de Li-íon, mas são afetadas por: corrente, tempo de carga, temperatura, tempo de uso e outros fatores. Para carregá-la deve-se antes descarregá-la completamente, a fim de não reduzir sua vida útil, devido ao efeito memória que apresentam. Têm longa vida útil, sendo extremamente econômicas. Podem explodir, se houver aumento de pressão em seu interior, resultando em sobrecarga, curto-circuito ou carga reversa, devido ao uso inadequado. Quando exauridas, transformam-se em

resíduos perigosos, devendo ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, mas apenas parte das baterias de celular é coletada.

Chumbo-ácido (Pb-ácido)

Formato cilíndrico e prismático. Os materiais ativos são o Pb metálico e o PbO. Têm aplicações semelhantes às de Ni-Cd e, apesar de menor eficiência, apresentam a vantagem do baixo custo. Do ponto de vista sanitário e ambiental, o Pb é tão prejudicial quanto o Cd. Quando esgotadas, devem ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, mas, atualmente, nem são coletadas.

Todos os tipos de pilhas e baterias encontrados contêm Hg, com exceção das de Li. O Hg está presente nelas em quantidades variadas, dependendo das necessidades do sistema. A função do Hg, nas pilhas que não o utilizam como eletrodo, é de armazenar as impurezas contidas em suas matérias primas, as quais geram gases que podem prejudicar seu desempenho e segurança. Este metal funciona como elemento passivo de inibição, controlando reações indesejáveis e aumentando seu desempenho. Sem o Hg, a pilha enche-se de ar, podendo causar vazamento ou, até mesmo, explosão. De um modo geral, a possibilidade de substituição de um tipo de bateria por outro está limitada por suas aplicações, devido a vários fatores como: econômicos, tecnológicos, climáticos entre outros (ABINEE, 1994; BYD, 2001; NEMA, 1996; ATSDR, 2002; Environment Canadá, 1991; Barandas, 2000; U.S. EPA, 2002; Conama, 1999).

COMPORTAMENTO DOS METAIS PESADOS NOS ECOSISTEMAS

Dos 112 elementos conhecidos atualmente, 84 são metais. Isso leva a crer que as possibilidades de contaminação ambiental por metais sejam numerosas. Sua ocorrência natural, porém, não deve ser considerada como perigosa, pois faz parte do equilíbrio dos ecossistemas. Alguns metais, apesar de sua toxicidade, ocorrem na natureza de maneira escassa ou são insolúveis, não oferecendo ameaça real à saúde pública e ao ambiente. Entretanto, atualmente, devido a fontes antropogênicas, verifica-se um grande aumento na circulação de metais no solo, na água e no ar e seu acúmulo na cadeia alimentar. A mobilidade de um metal varia com o grau de turbulência do meio aéreo e aquático. Os metais pesados, quando no ar ou na água, são sujeitos ao fenômeno de deposição, ou seja: sedimentação gravitacional; precipitação; impactação; adsorção; e troca química. Seu comportamento em águas naturais é diretamente influenciado pela quantidade e qualidade do material em suspensão presente. Uma parte dos metais é adsorvida aos sólidos em suspensão, originando-se uma fase particulada e uma fase dissolvida do metal. A afinidade entre essas duas fases pode ser de natureza iônica, física ou química, ocorrendo normalmente uma combinação dessas três formas. A relação entre as fases dissolvida e particulada do sistema é, basicamente, determinada por fatores como: tipo de partícula, pH, grau de solubilidade da substância química e presença de outros compostos.

Introduzidos no meio aquático por lixiviação e no meio aéreo por gases de incineração, os metais pesados são redistribuídos através dos ciclos geológico e biológico. Nas águas os contaminantes são expostos a diversas transformações químicas e bioquímicas, podendo afetar sua disponibilidade biológica ou de toxicidade, de modo a aumentá-las ou diminuí-las. Produtos de degradação ou de transformação, muito mais tóxicos, podem resultar a partir do contaminante original. O ciclo biológico inclui a bioconcentração em plantas e animais e a incorporação na cadeia alimentar,

principalmente, por meio da água e do solo. A destruição de espécies naturais do ecossistema pode ser causada por determinados compostos metálicos, podendo ocorrer uma seleção dos organismos capazes de sobreviver à ação dessas substâncias. Muitas plantas e animais desenvolvem tolerância para um particular metal em excesso, que acaba sendo utilizado para seu desenvolvimento normal, podendo causar um problema ambiental ao transferir o metal acumulado a organismos mais suscetíveis ao seu efeito, por meio da cadeia alimentar (FIRJAN, 2000; Günther, 1998).

TOXICOLOGIA DOS METAIS PESADOS

O interesse no comportamento dos metais pesados ente é motivado, principalmente, pelos efeitos biológicos que podem causar. A maioria desses elementos é essencial ao bom funcionamento dos organismos vivos, na forma de traços, mas potencialmente tóxicos a todo tipo de vida, quando em concentrações elevadas ou em determinadas combinações químicas. Por suas características de toxicidade e bioacumulação, os metais pesados merecem atenção especial, pois os danos acarretados ao ambiente e aos seres vivos são graves e muitas vezes irreversíveis. Sinergismo e antagonismo dos efeitos tóxicos são mecanismos que podem ocorrer entre os metais. Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido pelo organismo humano, em concentrações elevadas, pode causar danos à sua estrutura, penetrando nas células e alterando seu funcionamento normal, com inibição das atividades enzimáticas. Em alguns casos, os sintomas da intoxicação só serão observados em longo prazo, pois vários serão os fatores interferentes nos efeitos negativos causados por esses elementos (SNAM, 1992; FIRJAN, 2000).

A toxicidade de um metal, assim como sua disponibilidade (capacidade de interação de um contaminante com um sistema biológico), está relacionada a vários fatores, tais como: forma química em que o metal encontra-se no ambiente, sua capacidade de biotransformação em subprodutos mais ou menos tóxicos, vias de introdução do metal no organismo humano, etc. As principais vias de introdução no organismo são: pelo ar inalado, por via oral (água e alimentos) ou por via dérmica. A maioria dos metais pesados afeta múltiplos sistemas orgânicos, sendo que os alvos da toxicidade são os processos bioquímicos específicos (enzimas) e/ou membranas de células e organelas. O efeito tóxico do metal envolve, geralmente, uma interação entre o íon metálico livre e o alvo toxicológico. Fatores exógenos como: interação e exposição concorrente com outros metais tóxicos, idade, hábitos alimentares, estilo de vida, consumo de álcool e fumo entre outros, podem influenciar, direta ou indiretamente, a toxicidade dos metais para o indivíduo. Por outro lado, os metais essenciais ao organismo podem alterar metabolicamente a toxicidade, por interação ao nível celular (FIRJAN, 2000; Goyer, 1986).

RISCOS DOS PRINCIPAIS METAIS PRESENTES NAS PILHAS E BATERIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO

O número de elementos metálicos que oferecem risco de contaminação é relativamente pequeno. Entre outros, estão os metais pesados presentes como componentes dos sistemas químicos das pilhas e baterias estudadas nesta pesquisa, **Cádmio**: é incompatível com agentes oxidantes fortes, nitratos e HNO₃. O contato com agentes oxidantes provoca incêndio ou explosão. Dividido em fragmentos finos, o Cd é moderadamente inflamável e explosivo. Sob esta forma, reage vivamente com certos

produtos oxidantes. Determinados compostos do Cd, principalmente o clorato e o bromato, podem explodir sob a ação do calor, por choque ou por contato com produtos redutores (MERCK, 2002).

Chumbo: O chumbo é uma massa sólida, não apresentando riscos, se armazenado e estocado adequadamente. Entretanto, o dano está baseado na inalação do pó ou emissões de gases, possíveis durante a obtenção de chumbo metálico ou de reações químicas. Por outro lado, certos compostos de chumbo, como o clorato e o bicromato, podem explodir sob a ação de calor, de choque, ou por contato com produtos redutores (MERCK, 2002).

Cobalto: é um metal estável; não há riscos, se armazenado adequadamente (MERCK, 2002).

Cromo: o metal finamente dividido oferece perigo de incêndio. Apresenta incompatibilidade química com carbonatos, bases fortes e ácidos minerais. Todos os compostos de cromo devem ser considerados como altamente tóxicos e poluentes. (MERCK, 2002).

Lítio: reage violentamente com a água, liberando gás H₂. Altamente inflamável, causa queimaduras em contato com a pele e os olhos. O lítio deve ser manuseado em condições especiais, por ser um metal muito corrosivo. O armazenamento do lítio metálico deve ser feito em frasco de vidro contendo líquido inerte, em ausência de água e de oxigênio (MERCK, 2002).

Manganês: No manuseio e armazenamento, devem ser evitadas as seguintes condições: calor, chama e fontes de centelha. Apresenta incompatibilidade com água, ácidos fortes, fósforo e agentes oxidantes fortes (MERCK, 2002).

Mercúrio: Envenenamento por vapores tóxicos, especialmente quando aquecido. Incompatível com ácidos fortes (MERCK, 2002).

Níquel: Estável na forma compacta. O metal pulverizado e os fumos de Ni podem inflamar-se espontaneamente. Incompatível com alumínio, cloreto de alumínio, p-dioxinas, hidrogênio, metanol, não-metais, oxidantes e compostos de enxofre. Reage violenta ou explosivamente com anilina, sulfeto de hidrogênio, solventes inflamáveis, hidrazina e pós-metálicos (especialmente zinco, alumínio e magnésio) (MERCK, 2002).

Prata: Os sais de prata são incompatíveis com ácidos fortes e bases fortes (MERCK, 2002).

Zinco: O zinco puro é atóxico, mas os gases liberados pelo aquecimento do metal, ou por reações químicas, podem irritar as vias respiratórias, se inalados (MERCK, 2002).

O Quadro 2 apresenta os principais efeitos à saúde devido a alguns metais presentes nas pilhas e baterias estudadas.

QUADRO 2: Principais efeitos à saúde, devido a alguns metais presentes nas pilhas e baterias estudadas.

	PRINCIPAIS EFEITOS À SAÚDE
Cd(*)	Câncer Disfunções digestivas Problemas pulmonares e no sistema respiratório
Pb(*)	Anemia Disfunção renal Dores abdominais (cólica, espasmo, rigidez) Encefalopatia (sonolência, distúrbios metais, convulsão, coma) Neurite periférica (paralisia) Problemas pulmonares Teratogênico
Co	Lesões pulmonares e no sistema respiratório Distúrbios hematológicos Possível carcinogênico humano Lesões e irritações na pele Distúrbios gastrintestinais Efeitos cardíacos
Cr(*)	Câncer do aparelho respiratório Lesões nasais e perfuração de septo e na pele Distúrbios no fígado e rins, podendo ser letal; distúrbios gastrintestinais
Li	Disfunções renais e respiratórias Disfunções do sistema neurológico Cáustico sobre a pele e mucosas Teratogênico
Mn	Disfunção cerebral e do sistema neurológico Disfunções renais, hepáticas e respiratórias Teratogênico
Hg(*)	Congestão, inapetência, indigestão Dermatite Distúrbios gastrintestinais (com hemorragia) Elevação da pressão arterial Inflamações na boca e lesões no aparelho digestivo Lesões renais Distúrbios neurológicos e lesões cerebrais Teratogênico, mutagênico e possível carcinogênico
Ni	Câncer Lesões no sistema respiratório Distúrbios gastrintestinais Alterações no sistema imunológico Dermatites Teratogênico, genotóxico e mutagênico
Ag	Argíria (descoloração da pele e outros tecidos) Dores estomacais e distúrbios digestivos Problemas no sistema respiratório Necrose da medula óssea, no fígado, nos rins e lesões oculares
Zn	Alterações hematológicas Lesões pulmonares e no sistema respiratório Distúrbios gastrintestinais Lesões no pâncreas

Fontes: ASTDR (2002); U.S. EPA (2002); WHO (2002).

* Esses metais estão incluídos na Lista TOP 20 da USEPA, entre as 20 substâncias mais perigosas à saúde e ao ambiente: Cd, Cr, Hg, Pb (CERCLA 2002).

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Todas as pilhas e baterias recarregáveis de Ni-Cd, de uso doméstico e geral, quase todas as baterias do tipo botão e as do tipo fixo, embutidas no equipamento, quando exauridas são consideradas como resíduos perigosos (ABNT 1987), do ponto de

vista sanitário e ambiental, devido à sua composição, à concentração dos metais pesados presentes e ao volume de resíduos gerados por esses produtos. Nem todos os tipos de pilhas e baterias apresentam o mesmo grau de periculosidade. No entanto, do ponto de vista químico, mesmo os metais que representam menores riscos em sua forma elementar, quando descartados sem controle junto com o resíduo sólido comum podem se transformar em substâncias extremamente perigosas e tóxicas à saúde e ao ambiente, pela possibilidade de reação, interação ou sinergismo com outras substâncias presentes no resíduo sólido urbano, ou no ecossistema, devido a inúmeros fatores, tais como: condições climáticas e geológicas; características físicas, químicas e bioquímicas do ambiente; presença de substâncias incompatíveis; entre outros. Além disso, é necessário considerar que os efeitos não são observados em curto prazo, mas quando isso ocorrer, podem ser irreversíveis, destacando-se o caráter de risco.

A legislação brasileira determina que todas as pilhas e baterias que contenham em sua composição cádmio, mercúrio e chumbo sejam coletadas, tratadas e dispostas adequadamente. Entretanto, essa legislação não dispõe sobre outros tipos, que contenham em sua composição outros metais ou substâncias tão prejudiciais à saúde e ao ambiente quanto às referidas no texto das Resoluções em vigência. Pelo menos, todas as baterias do tipo recarregável deveriam ser incluídas nessa regulamentação: as de Ni-MH, pelo fato de conter grande quantidade de níquel, substância comprovadamente tóxica e cancerígena, além dos componentes indefinidos das ligas de MH; e as de Li-íon, por conterem também substâncias tóxicas em sua composição, incluindo o cobalto e lantanídeos. Os fabricantes de telefone celular têm coletado todos os tipos de baterias utilizadas nos aparelhos de telefonia móvel que contenham sua marca, mesmo os não regulamentados, em ação pró-ativa e para seguir a política internacional de suas empresas. Esse fato mostra que os riscos existem e que a preocupação com o gerenciamento adequado desses resíduos procedem.

No Brasil, a coleta, a segregação, o tratamento e a disposição final adequada de todos os tipos de pilhas e baterias, independentemente de marca ou conteúdo são recomendáveis, devido a diversos fatores importantes como: o crescente consumo de pilhas e baterias e o conseqüente aumento do volume de descarte, com a possibilidade de vir a ultrapassar a concentração de metais tóxicos considerada segura, permitida em cada pilha ou bateria de maneira individual; a insuficiência de estudos realizados e de dados conclusivos sobre os riscos ambientais e sanitários que as baterias dos tipos Ni-MH e Li-íon representam; a grande quantidade de baterias de celular falsificadas ou contrabandeadas e comercializadas no país (mais de 50%), o que também ocorre com todos os outros tipos de pilhas e baterias; a grande dificuldade no processo de conscientização da população, no sentido de uma coleta seletiva diferenciada, para apenas determinados tipos de pilhas e baterias, devido aos inúmeros tipos e marcas existentes, à ausência de identificação no rótulo de grande parte desses produtos, à falta de fiscalização e a desinformação, e à baixa escolaridade de grande parte da população consumidora.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO Brasileira das Indústrias Elétricas e Eletrônicas. *A evolução da indústria de pilhas no Brasil*. ABINEE, 1994.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 1004 - Resíduos Sólidos*. São Paulo: ABNT, 1987.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov>

(2002).

- Barandas APMG. *Estudo do processamento de pilhas usadas*. Rio de Janeiro; UFRJ, 2000.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama n° 257, de 30.06.99. Dispõe sobre o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento, ou disposição final. Brasília: *Diário Oficial da União*, 22 jun. 1999.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Conama n° 263, de 12.11.99. Dispõe sobre a inclusão, na Resolução Conama 257/99, das pilhas miniaturas e de botão, estabelecendo limites do teor de mercúrio por elemento. Brasília: *Diário Oficial da União*, 12 nov. 1999.
- BYD Batteries CO. Ltd. *BYD Batteries Technical Handbook*. China, 2001.
- CENTRO de Tecnologia Mineral. *Reciclagem de pilhas secas*. Relatório Interno. Rio de Janeiro, CETEM, 1999.
- CENTRO Federal de Escolas Técnicas - Escola de Química. *Pilhas e baterias*. Arquivo. Rio de Janeiro: CFETEQ/RJ, 2000.
- CERCLA *Top 20*. Disponível em: URL: <http://www.astdr.cdc.gov/astdrhome.html>, 2002.
- COMPROMISSO Empresarial Para Reciclagem. *Manual de Gerenciamento*. São Paulo: CEMP/RE/IPT, 1995.
- ENVIRONMENT Canada. *Environmental Protection Series*. Report EPS 4/CE/1. Canadá, mar. 1991.
- FEDERAÇÃO das Indústrias do Rio de Janeiro. *Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias*. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2000.
- GOYER RA - Toxic effects of metal. In; Klaaser et al., Doull J. Ed. *Casarett and Doulls Toxicology*. 3rd edition. New York: MacMillan Publishing Company. 1986
- GÜNTHER WMR. *Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos sólidos industriais tendo metais pesados: estudo de caso*. São Paulo (BR); 1998. [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].
- LEGISLAÇÃO Federal dos EUA (U.S. EPA, 1999).
- MERCK. *Tabela Periódica*. [online]. <http://www.merck.com.br/tpie.htm> (2002).
- MILJÖVÄNLIGT hybridbatterier ersätter snart kadmiumceller. *Kemist Tidskrift/KEMYVÄRLDEN*. Suécia; 1995. n° 4/95.
- NATIONAL Electrical Manufacturers Association. *The Declining use of Mercury in Batteries*. Nema (U.S.A.), 1996.
- REIDLER, N.M.V.L.R. *Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: uma avaliação da situação brasileira, 1999 - 2001*. São Paulo (BR), 2002. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- SNAM. *Situation en matiere de piles et accumulateurs usages en France*. França, 1992.
- U.S.EPA. *TOXNET*. Disponível em: URL: www.toxnet.nlm.nih.gov (2002).
- WORLD Health Organization. *Environment Health Criteria*. www.who.int/pcs/ehc/summaries.html (2002).