



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

JULY EMERSON ALVES DOS SANTOS

**RESGATE HISTÓRICO SOBRE PILHAS E BATERIAS: UM OLHAR SOBRE O
DESCARTE E O IMPACTO AMBIENTAL**

**CAMPINA GRANDE
2018**

JULY EMERSON ALVES DOS SANTOS

**RESGATE HISTÓRICO SOBRE PILHAS E BATERIAS: UM OLHAR SOBRE O
DESCARTE E O IMPACTO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Química.

Orientador: Prof. Dr. Josué da Silva Buriti

Coorientador: Prof. MSc. Gilberlandio Nunes da Silva

**CAMPINA GRANDE
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237r Santos, July Emerson Alves dos.
Resgate histórico sobre pilhas e baterias [manuscrito] : um olhar sobre o descarte e o impacto ambiental / July Emerson Alves dos Santos. - 2018.
44 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.
"Orientação : Prof. Dr. Josué da Silva Buriti , UFCG - Universidade Federal de Campina Grande ."
"Coorientação: Prof. Me. Gilberlandio Nunes da Silva , Coordenação do Curso de Licenciatura em Química - CCT."
1. Pilhas. 2. Baterias. 3. Reciclagem. 4. Meio ambiente. I.
Título

21. ed. CDD 530

JULY EMERSON ALVES DOS SANTOS

RESGATE HISTÓRICO SOBRE PILHAS E BATERIAS: UM OLHAR SOBRE O
DESCARTE E O IMPACTO AMBIENTAL

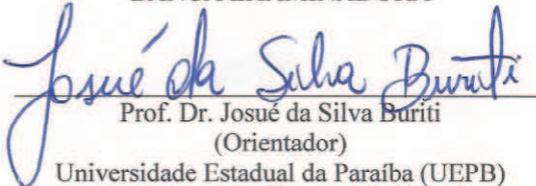
Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura
em Química da Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Licenciado em Química.

Área de concentração: Química.

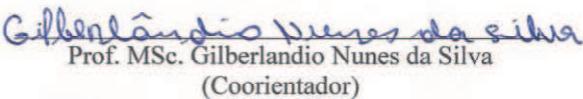
Área de concentração: Química.

Aprovada em: 28/11/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Josué da Silva Buriti
(Orientador)

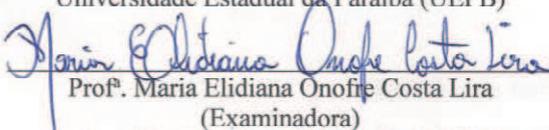
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. MSc. Gilberlândio Nunes da Silva
(Coorientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho
Examinador

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof.ª Maria Elidiana Onofre Costa Lira
(Examinadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho aos meus pais,
Severino e Anedilma pela dedicação
incansável, companheirismo e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por todas as vitórias concedidas em minha vida. Minha gratidão e adoração serão eternas.

À minha mãe Anedilma, meu pai Severino, meus irmãos Jorge, Janilson e Julyenne, serei sempre grato a vocês.

À você meu amor, Flávinha, por todos os puxões de orelha e por todo incentivo que me deste.

Aos meus orientadores Josué Buriti e Gilberlandio Nunes. Faltam-me palavras para lhes agradecer. Obrigado!

À banca examinadora.

À Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, entre professores, alunos, funcionários e técnico-administrativos.

RESUMO

O físico alemão Otto von Guericke por volta de 1600 idealizou a primeira máquina capaz de produzir eletricidade, começava assim a história das pilhas, em 1800 Alessandro Volta elaborou um dispositivo para produzir eletricidade que consistia em dois metais empilhados separados por um pano umedecido em sal ou ácido fraco, por conta dos metais empilhados deu-se o nome de pilha, a partir daí outros estudiosos foram fazendo suas descobertas, em 1836 foi a vez de John Frederic Daniell (Pilha de Daniel), em 1844 William Robert Grove (Pilha de Grove), em 1859 Gaston Planté (Bateria de chumbo-ácido), em 1866 Georges Leclanché (Pilha de Leclanché), em 1899 Waldemar Jungner (Pilha de níquel cádmio) e a partir de 1970 seriam comercializadas as pilhas de lítio e íons de lítio. As pilhas e baterias são de imensa importância para os seres humanos, com uma infinidade de usos em diversos seguimentos. Este trabalho nos mostra um relato histórico desde sua criação até o seu descarte, como também nos alerta sobre quando este material é descartado de forma inadequada no ambiente. Deste modo, o objetivo do trabalho foi analisar por livros, artigos, sites e revistas relacionados ao tema levando em consideração como este conteúdo se apresenta nesses materiais, buscando fazer um relato histórico e um alerta para população sobre a importância de descartar pilhas e baterias em locais apropriados. A pesquisa teve como principal ponto, verificar os aspectos históricos das pilhas e baterias buscando mostrar o quanto são importantes e ao mesmo tempo prejudiciais à saúde dos seres vivos. Assim, pode-se dizer que o mundo necessita das pilhas e baterias para funcionar, mas também precisa de uma visão consciente com relação ao seu descarte por seus utilizadores.

Palavras-chave: Relato histórico. Pilhas. Baterias. Descarte.

ABSTRACT

The German physicist Otto von Guericke around 1600 devised the first machine capable of producing electricity, thus began the history of the batteries in 1800 Alessandro Volta devised a device to produce electricity consisting of two stacked metals separated by a cloth dampened in salt or weak acid, on account of the stacked metals was given the name of pile, from there other scholars were making its discoveries, in 1836 was the time of John Frederic Daniell (Stack of Daniel), in 1844 William Robert Grove (Ploof of Grove), in 1859 Gaston Planté (Lead-acid Battery), in 1866 Georges Leclanché, in 1899 Waldemar Jungner (Nickel Cadmium Stack) and from 1970 onwards the lithium and lithium batteries would be marketed. Batteries and batteries are of immense importance to humans, with a multitude of uses in various ways. This work shows us a historical account from its creation until its discarding, but it also warns us about when this material is disposed of inadequately in the environment. Thus, the objective of the work was to analyze books, articles, websites and magazines related to the theme taking into consideration how this content presents itself in these materials, seeking to make a historical account and a warning to the population about the importance of discarding batteries and batteries in appropriate locations. The research had as main point, to verify the historical aspects of the cells and batteries trying to show how much they are important and at the same time harmful to the health of the alive beings. Thus, it can be said that the world needs batteries and batteries to function, but also needs a conscious view regarding its disposal by its users.

Keywords: Historical reporting. Stacks. Batteries. Discard.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de pilhas e baterias portáteis no mercado.....	19
Tabela 2 – Principais efeitos a saúde, devido a alguns metais presentes nas pilhas e baterias.....	22
Tabela 3 – Resolução CONAMA – Metas para concentração de metais pesados em baterias	37
Tabela 4 – Baterias para descarte no lixo doméstico, segundo ABINEE	38
Tabela 5 – Pilhas e baterias destinadas ao recolhimento	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CIPAM	Comitê de Integração de Políticas Ambientais
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
MMA	Ministério do Meio Ambiente
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
CER	Câmara Especial Recursal
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
EA	Educação Ambiental

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Pilha de Volta.....	15
Figura 2	Pilha de Daniell.....	15
Figura 3	Pilha de Grove.	16
Figura 4	Bateria de chumbo-ácido.....	17
Figura 5	Pilha de Leclanché.....	17
Figura 6	Pilha de níquel cádmio.	18
Figura 7	Pilhas de lítio.....	18
Figura 8	Pilhas descartadas de forma inadequada no meio ambiente.....	20
Figura 9	Processo de reciclagem das pilhas.....	29
Figura 10	Papa Pilhas em agência do Santander.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral	
1.1.2 Objetivos Específicos	
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 A HISTÓRIA DA PILHA.....	14
2.1.1 Pilha de Volta - Alessandro Volta (1800).....	14
2.1.2 Pilha de Daniell - John Frederic Daniell (1836).....	15
2.1.3 Pilha de Grove - William Robert Grove (1844).....	16
2.1.4 Gaston Planté – Bateria de chumbo-ácido (1859).....	16
2.1.5 Pilha de Leclanché - Georges Leclanché (1866).....	17
2.1.6 Pilha de níquel cádmio - Waldemar Jungner (1899).....	17
2.1.7 Décadas de 1970 e 1990 – Pilhas de lítio e íons de lítio.....	18
2.2 PILHAS, O QUE SÃO ELAS?.....	19
2.3 RISCOS DOS PRINCIPAIS METAIS PRESENTES NAS PILHAS E BATERIAS.....	20
2.4 TIPOS DE PILHAS E BATERIAS.....	23
2.5 DESCARTE CORRETO DE PILHAS E BATERIAS.....	26
2.5.1 Projeto de Lei	28
2.6 RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE	28
2.6.1 Preocupação com a saúde e o meio ambiente.....	31
2.7 REAÇÃO DE OXIDAÇÃO E REDUÇÃO.....	31
2.8 O PAPA-PILHAS.....	33
2.9 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS SEGUNDO O CONAMA.....	34
2.10 LEGISLAÇÃO E GESTÃO DE BATERIAS ESGOTADAS.....	36
2.10.1 Brasil - Política Nacional.....	36
3 METODOLOGIA	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
5 REFERÊNCIAS	41

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. A demanda na utilização de energia portátil é crescente em equipamentos eletroeletrônicos diversos. Isso provoca o crescimento da produção e do consumo de pilhas e baterias (ROCHA, 2004).

O descarte de pilhas no lixo doméstico é um fato extremamente grave. Com o passar do tempo, ocorre inevitavelmente a contaminação de plantas, solos e lençóis freáticos, devido a corrosão da blindagem da pilha disposta em aterros ditos controlados e lixões; com isso os metais pesados presentes liberados no ambiente tem a propriedade de bioacumulação por meio da cadeia alimentar gerando efeitos tóxicos no organismo humano e de outros animais. Por isso há a necessidade de uma destinação especial para este material (AFONSO et al, 2003).

De acordo com a norma NBR 10.004, as pilhas e baterias apresentam características de corrosividade, reatividade e toxicidade, classificando-as como resíduos perigosos (classe I) (ABNT, 2004).

Indiscutivelmente as pilhas e baterias são de tamanha importância para o mundo, no Brasil são fabricadas cerca de 800 milhões de pilhas comuns, 10 milhões de baterias de celular, 12 milhões de baterias automotivas e 200 mil baterias industriais por ano (Ambiente Brasil, 2018).

Por outro lado, dado que algumas das pilhas e baterias disponíveis no mercado usam materiais tóxicos, muitos países, inclusive o Brasil, têm se preocupado com os riscos à saúde humana e ao meio ambiente que estes sistemas eletroquímicos apresentam. Neste sentido, o CONAMA com as (Resoluções CONAMA: n.º 257, de 30/06/99; e no 263, de 12/11/99) fez com que no Brasil houvesse algumas restrições quanto a fabricação e o recolhimento das pilhas e baterias fabricadas aqui mesmo e também as importadas, entretanto isso não é o suficiente a falta de conhecimento dos usuários e os poucos pontos de recolhimento deste material faz com que ele passe de mocinho a vilão.

Neste contexto, o trabalho terá como base uma revisão bibliográfica levando em consideração artigos, livros, revistas e sites oficiais, buscando relatar o uso, descartes e impactos ambientais causados por pilhas e baterias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Descrever através de uma revisão bibliográfica, o histórico e os danos causados ao meio ambiente pelo descarte incorreto de pilhas e baterias.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Relatar um breve histórico sobre a importância das pilhas e baterias;
- Discutir, relatar e alertar sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desse material.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A HISTÓRIA DA PILHA

A história das pilhas se inicia em 1600, quando o físico alemão Otto von Guericke idealiza a primeira máquina capaz de produzir eletricidade. Tratava-se de um globo de enxofre que gerava centelhas quando girado e friccionado. (NISENBAUM, s.d.).

No século XVIII, o médico e investigador italiano Luigi Galvani descobriu que a eletricidade poderia ser armazenada nos músculos, e que os nervos eram capazes de transferir essa energia. A eletricidade que Galvani se referia é originária de reações químicas no corpo humano. Sua descoberta foi de suma importância, pois foi a partir dela que os estudiosos começaram a investigar o uso da química na geração da energia elétrica. (NISENBAUM, s.d.).

2.1.1 *Pilha de Volta - Alessandro Volta (1800)*

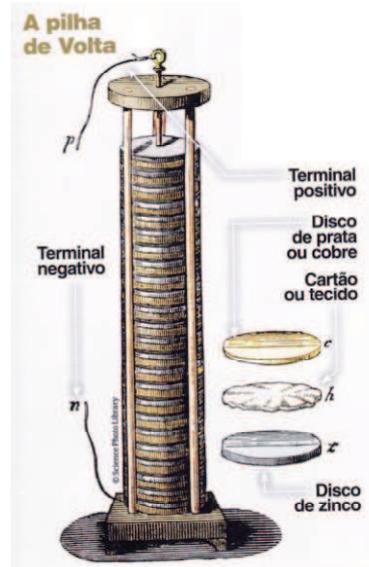
Um desses estudiosos foi o físico italiano Alessandro Volta, considerado o criador das pilhas elétricas. Após vários estudos, Volta percebeu que os melhores componentes químicos para a produção de eletricidade eram o zinco e a prata. Por volta de 1800, o mesmo elaborou um dispositivo formado por várias camadas destes dois metais, separadas por um disco de material poroso embebido em uma solução de sal. (NISENBAUM, s.d.).

A pilha de Volta foi muito importante para a evolução da eletroquímica, fato que o levou a ser, inclusive, nomeado conde em 1810, por Napoleão Bonaparte.

As pilhas e baterias foram sendo desenvolvidas ao longo do tempo com a contribuição de diversos cientistas. Somente a partir da descoberta de Volta, de que dois metais diferentes ligados eletricamente por uma solução eletrolítica serviam como fonte de tensão, que se começou a buscar pelos melhores eletrodos que tornavam as pilhas e baterias mais eficientes e práticas (NISENBAUM, s.d.).

A pilha de Alessandro Volta (Figura 1) consiste em metais de dois tipos separados por panos umedecidos em sal ou ácido fraco. Os discos de metal ficavam empilhados, por isso o nome pilha. Os primeiros metais usados por Volta foram a prata e o zinco.

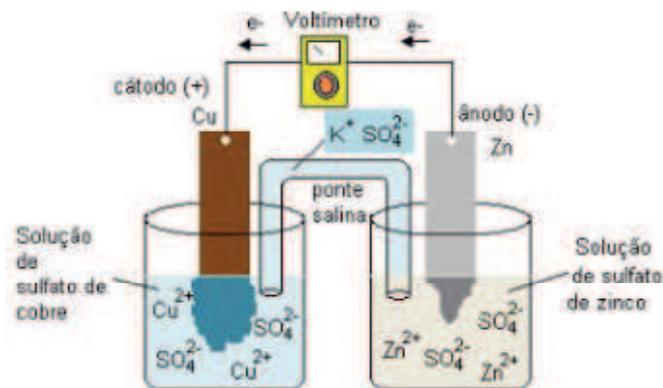
A voltagem fornecida pela pilha de Volta depende do número de elementos na pilha (NISENBAUM, s.d.).

Figura 1: Pilha de Volta.

Fonte: O surgimento da primeira pilha elétrica – Química e Sociedade.

2.1.2 Pilha de Daniell - John Frederic Daniell (1836)

A pilha de Daniell (Figura 2) representou um grande avanço tecnológico para a época, em relação à pilha de Volta. Ela foi desenvolvida por Daniell baseada nos princípios científicos da Eletroquímica introduzidos por Michael Faraday. Daniell descobriu que a pilha seria mais eficiente se fossem usados dois eletrólitos ao invés de um só, como na pilha de Volta. Em geral, os eletrodos são compostos por um metal imerso em uma solução de seus próprios íons. A pilha de Daniell (de zinco e cobre) fornece uma voltagem de aproximadamente 1,1V (NISENBAUM, s.d.).

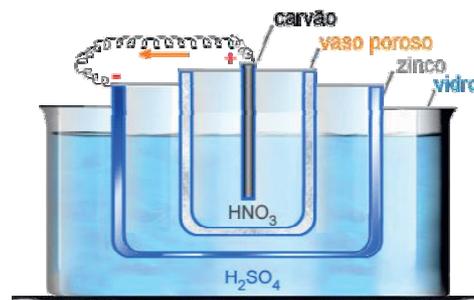
Figura 2: Pilha de Daniell.

Fonte: A Ponte Salina das Pilhas - Mundo da Educação.

2.1.3 Pilha de Grove - William Robert Grove (1844)

No mesmo ano em que inventou a sua pilha de zinco e platina, William Grove desenvolve a primeira célula de combustível que é considerada hoje por muitos a fonte de energia do futuro. Nas pilhas comuns, quando os reagentes terminam, a pilha para de funcionar. Nas células de combustível, os reagentes são fornecidos à pilha como se fossem os “combustíveis” da reação (em analogia aos combustíveis dos automóveis, só que, nesse caso, não ocorre reação de combustão). Enquanto houver combustível, haverá energia. A célula de combustível de Grove (Figura 3) utiliza o hidrogênio e o oxigênio como combustível e o produto da reação é água (H_2O). A célula de Grove não fornece voltagem suficiente para utilização prática (NISENBAUM, s.d.).

Figura 3: Pilha de Grove.

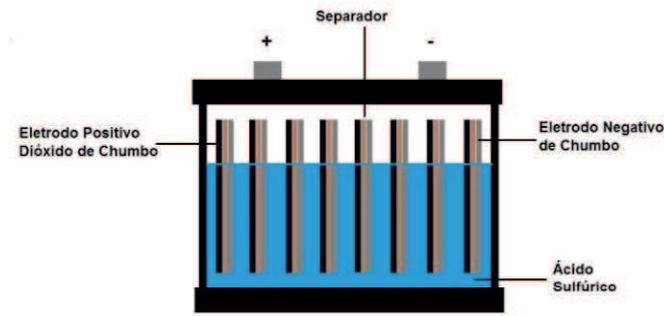


Fonte: A Evolução das Baterias – Blog BringIT.

2.1.4 Gaston Planté – Bateria de chumbo-ácido (1859)

Foi a primeira bateria recarregável da história. Seu uso inicial foi em sinalizações ferroviárias, e hoje é largamente usado em automóveis. Essa bateria utiliza o chumbo (Pb) e dióxido de chumbo ($PbSO_4$) imersos em uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), Figura 4. Repare que uma substância composta é usada em um dos eletrodos. Cada célula da bateria gera 2V (NISENBAUM, s.d.).

Figura 4: Bateria de chumbo-ácido.



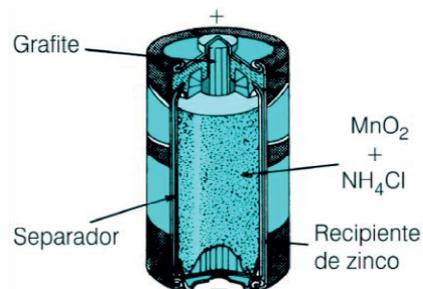
Fonte: A História das Bateiras – STA Eletrônica.

2.1.5 Pilha de Leclanché - Georges Leclanché (1866)

A pilha de Leclanché utiliza o zinco (Zn) e dióxido de manganês (MnO_2). A voltagem em seus terminais varia de 1,4 a 1,6 volts.

Ela foi a precursora da pilha seca desenvolvida por Carl Gassner, em 1887. A pilha seca é a nossa atual pilha comum e possui esse nome porque não utiliza eletrólito líquido. Se você já viu uma pilha por dentro, notou que ela possui uma gosma preta. Nela está, entre outras substâncias, o dióxido de manganês, conforme pode ser visto na Figura 5. As pilhas secas comuns fornecem uma voltagem de 1,5V (NISENBAUM, s.d.).

Figura 5: Pilha de Leclanché.



Fonte: Química Nova na Escola, Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental.

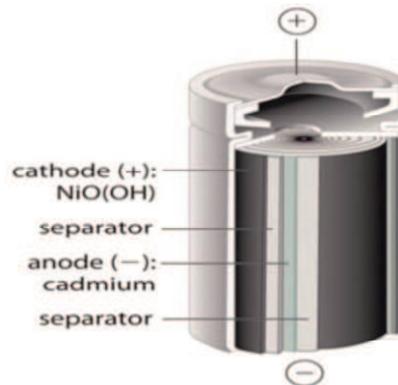
2.1.6 Pilha de níquel cádmio - Waldemar Jungner (1899)

Foi a primeira pilha alcalina da História. Jungner utilizou um meio alcalino (hidróxido de potássio - KOH) no qual ficavam os eletrodos constituídos de níquel e cádmio (Figura 6). A pilha de Jungner é a base das primeiras pilhas recarregáveis portáteis. Hoje são mais comuns

pilhas semelhantes de níquel-metal (NiMH), que possuem maior capacidade e são menos tóxicas. Essas pilhas fornecem uma voltagem de 1,2V.

Em 1955, a empresa Eveready desenvolveu as pilhas alcalinas não recarregáveis que utilizamos até hoje (NISENBAUM, s.d.).

Figura 6: Pilha de níquel e cádmio.



Fonte: Elprocus, Batteries – Types & working.

2.1.7 Décadas de 1970 e 1990 – Pilhas de lítio e íons de lítio

As primeiras pesquisas utilizando metal lítio nos eletrodos de pilhas foram realizadas em 1912 por G.N. Lewis. Entretanto, somente em 1970 elas foram comercializadas. As pilhas de lítio (não recarregáveis) Figura 7, são largamente utilizadas em relógios, computadores e outros dispositivos. A voltagem típica dessa pilha é de 3V, o dobro das pilhas secas comuns (NISENBAUM, s.d.).

Figura 7: Pilhas de lítio.



Fonte: Brasil Escola, Pilhas e Baterias de Lítio.

2.2 PILHAS, O QUE SÃO ELAS?

A pilha é um pequeno dispositivo capaz de gerar energia elétrica através de uma reação química. Para que isso ocorra, são necessários alguns componentes para que ocorra a reação e através dessa reação consiga a liberação de energia; um dispositivo contendo um par de eletrodos metálicos diferentes, onde um deles é o polo positivo e o outro sendo o polo negativo, submersos em uma solução química (conhecida como eletrólito) contendo íons. Quando os polos são interligados por um fio condutor, inicia-se uma reação química e o fio é percorrido por uma corrente elétrica, que só termina quando a reação química cessa ou um dos eletrodos for totalmente consumido pela reação. Nas pilhas, o sentido da corrente faz-se do polo negativo ao positivo. (AFONSO, 2003).

Na Tabela 1, verifica-se os tipos de pilhas e baterias portáteis no mercado.

Tabela 1: Tipos de pilhas e baterias portáteis no mercado.

	Sistema químico	Espécie Reduzida (cátodo)	Espécie Oxidada (ânodo)	Eletrólito (condutor de corrente elétrica)
PRIMÁRIA (descartáveis)	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
SECUNDÁRIA (recarregáveis)	Níquel-Cádmio	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: REIDLER, Vega Longo Nivea Maria. et al. *Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas*. Maio, 2016.

Uma coisa importante que devemos saber é que pilha é diferente de bateria. Enquanto a pilha apenas converte energia química em elétrica, a bateria faz a interconversão entre energia química e elétrica. Ou seja, na pilha, quando seu potencial energético termina, ela não serve mais, enquanto que nas baterias, elas podem ser recarregadas e utilizadas novamente por

várias vezes. Por tanto, uma pilha recarregável (nome impróprio) nada mais é que uma bateria recarregável. (AFONSO, 2003).

Pilhas e baterias são minúsculas portáteis que transformam energia química em energia elétrica. Apresentam – se sob várias formas, podendo ser cilíndricas, retangulares e botões, conforme sua finalidade. São classificadas de acordo com sistemas químicos, sendo representadas por letras, normalmente impressas nas mesmas, sendo divididas em primárias e secundárias, sendo esta última recarregável. (CASTANHO, 1993).

2.3 RISCOS DOS PRINCIPAIS METAIS PRESENTES NAS PILHAS E BATERIAS

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 (Figura 8). (REIDLER, et al. 2016).

Figura 8: Pilhas descartadas de forma inadequada no meio ambiente.



Fonte: Amambai Notícias.

Esse pequeno dispositivo muito usado por todos, sem exceção, de mocinho pode virar um vilão se descartado incorretamente. Por isso, devemos saber quais os riscos que a pilha pode trazer para a humanidade (AFONSO, 2003).

Cádmio: É incompatível com agentes oxidantes fortes, nitratos e HNO_3 . 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. (REIDLER, et al. 2016).

Chumbo: O chumbo é uma massa sólida, não apresentando riscos se armazenado e estocado adequadamente. Entretanto, a prevenção está baseada na inalação do pó, ou emissões de gases, possíveis durante a obtenção de chumbo metálico, ou 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. (REIDLER, et al. 2016).

Cobalto: é um metal estável; não há riscos se armazenado adequadamente.

Índio: Quando aquecido acima de seu ponto de fusão, inflama-se e sofre autocombustão, podendo provocar incêndios.

Lítio: reage violentamente com a água, liberando gás H_2 , altamente inflamável; causa queimaduras em contato com a pele e os olhos. O Li deve ser manuseado em condições especiais, por ser um metal muito corrosivo. O armazenamento do Li metálico deve ser feito em frasco de vidro, contendo líquido inerte, em ausência de água e de oxigênio. (REIDLER, et al. 2016).

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.

Mercúrio: Envenenamento por vapores tóxicos, especialmente quando aquecido. Incompatível com ácidos fortes.

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).

Prata: Os sais de prata são incompatíveis com ácidos fortes e bases fortes.

Zinco: O Zn puro é atóxico, mas os gases liberados pelo aquecimento do metal, ou por reações químicas podem irritar as vias respiratórias, se inalados. (REIDLER, et al. 2016).

Na Tabela 2, observa-se os principais efeitos a saúde, devido a alguns metais presentes nas pilhas e baterias.

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

Elementos	Efeitos	Elementos	Efeitos
Cd (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Câncer • Disfunções digestivas • Problemas pulmonares e no Sistema Respiratório 	Mn	<ul style="list-style-type: none"> • Disfunção cerebral e do sistema neurológico • Disfunções renais, hepáticas e respiratórias • Teratogênico
Pb (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Anemia • Disfunção renal • Dores abdominais (Cólica, espasmo, rigidez) • Encefalopatia (sonolência, distúrbios mentais, convulsão, coma) • Neurite periférica (paralisia) • Problemas pulmonares • Teratogênico 	Hg (*)	<ul style="list-style-type: none"> • 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
Co	<ul style="list-style-type: none"> • Lesões pulmonares e no sistema respiratório • Distúrbios hematológicos • Possível carcinogênico humano • Lesões e irritações na pele • Distúrbios gastrintestinais • Efeitos cardíacos 	Ni	<ul style="list-style-type: none"> • Câncer • Lesões no sistema respiratório • Distúrbios gastrintestinais • Teratogênico, genotóxico e mutagênico • Dermatites • Alterações no sistema imunológico
Cr (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Câncer do aparelho respiratório • Lesões nasais e perfuração no septo e na pele • Distúrbios no fígado e rins, podendo se letal • Distúrbios gastrintestinais 	Ag	<ul style="list-style-type: none"> • Argiria (descoloração da pele e de outros tecidos) • Dores estomacais e distúrbios digestivos • Problemas no sistema respiratório • Necrose da medula óssea, fígado, rins e lesões oculares
Li	<ul style="list-style-type: none"> • Disfunções renais e respiratórias • Disfunções do sistema neurológico • Cáustico sobre a pele e mucosas • Teratogênico 	Zn	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações hematológicas • Lesões pulmonares e no sistema respiratório • Distúrbios gastrintestinais • Lesões no pâncreas

Fontes: REIDLER, Vega Longo Nivea Maria. et al. *Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas*. Maio, 2016.

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

2.4 TIPOS DE PILHAS E BATERIAS

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 $AgCl_2$, que reage com a superfície interna do invólucro de Zn e , também, 0,01% de Cd (em peso), MnO_2 , NH_4Cl e $ZnCl_2$, que são um tanto ácidos e, portanto corrosivos. Se a reação de oxidação, durante a descarga, não for uniforme, ocorre corrosão excessiva, com perfuração do invólucro e vazamento do eletrodo corrosivo. Não são regulamentadas pela legislação brasileira, sendo permitido seu descarte nos resíduos sólidos comuns. (REIDLER, et al. 2016).

Zinco-cloreto (Zn-Cl): (“Heavy Duty”, ou de alto desempenho). Formato cilíndrico, de diversos tamanhos. São similares às anteriores na construção, mas possuem maior durabilidade (40%), maior resistência a vazamentos e suportam maiores variações de temperatura. Contêm em média 0,01% de Hg e 0,01% de Cd (em peso). Não são regulamentadas pela legislação brasileira, sendo permitido seu descarte nos resíduos sólidos comuns. (REIDLER, et al. 2016).

Alcalinas de manganês (Mn): (“pilhas de longa duração”). Formatos: cilíndrico, retangular e botão, de diversos tamanhos. Possuem alto desempenho, qualidades elétricas superiores, 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 ZnCl (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 Hg foi eliminado das pilhas de Zn-C e Zn-Cl e das alcalinas, (apenas 0,025% de Hg metálico). Mas, as alcalinas contêm significativas quantidades de Hg amalgamado com o Zn em pó. Não são regulamentadas pela legislação brasileira sendo permitido seu descarte nos resíduos sólidos comuns. (REIDLER, et al. 2016).

Óxido de mercúrio (HgO): (“Ruben-Mallory”). Diversos tamanhos; nos formatos: cilíndrico, retangular e principalmente, botão. Contêm 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, 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 6 toneladas de resíduos, para ultrapassar o limite do teor de Hg no resíduo sólido urbano, permitido pela Legislação Federal dos EUA (U.S.EPA, 1999). (REIDLER, et al. 2016).

Parte do Hg contido nessas baterias apresenta-se sob sua forma mais tóxica, o metilmercúrio. Devem ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente e estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente. Porém, não existe no país nenhum controle, ou alguma ação prática, a esse respeito. Óxido de prata (~~Ag₂O~~): (baterias 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 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. Não regulamentadas pela legislação brasileira vigente e não existe, no país, nenhuma ação prática a esse respeito. (REIDLER, et al. 2016).

Zinco-ar (Zn-ar): Seu desenvolvimento é recente e vêm, gradativamente, substituindo as baterias 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 no ar, de acordo com as condições climáticas e o local, podem interferir em seu funcionamento; deve permanecer lacrada 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 Hg. Não regulamentadas pela legislação brasileira vigente, não existindo, no país, nenhum controle ou ação prática a esse respeito. (REIDLER, et al. 2016).

Lítio (Li): Formatos cilíndrico ou botão. Isentas de Hg e de Cd e têm longa duração. 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). Deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido a substâncias tóxicas presentes em seu sistema. Não regulamentadas pela legislação brasileira vigente e não existe, no país, nenhum controle ou ação prática a esse respeito. (REIDLER, et al. 2016).

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 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 as de Li-íon, mas afetadas por corrente; tempo de carga; temperatura; tempo de uso e outros fatores. Para carregá-la, deve-se antes descarregá-la completamente para 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, se transformam em resíduos perigosos, devendo ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente. Regulamentadas pela legislação brasileira vigente, mas apenas parte das baterias de celular é coletada. (REIDLER, et al. 2016).

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. Estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente, mas não são coletadas. (REIDLER, et al. 2016).

Níquel - Metal Hidreto (Ni-MH): De formato cilíndrico e prismático, 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 a das baterias de Ni-Cd (proporcionando capacidade cerca de 30% maior). O eletrodo de Ni 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 Cd 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 Cd e, praticamente, isentas de Hg. 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 assim não o exigir. (REIDLER, et al. 2016).

Lítio-íon (Li-íon): Nova bateria recarregável para proporcionar uma maior densidade de energia e suprir as necessidades de equipamentos cada vez menores e mais leves, com produtos menos agressivos, logo 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 podem correr riscos de explosão ou de vazamento. Deveriam ser coletadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, mesmo quando exauridas, apesar de a legislação brasileira assim não o exigir. (REIDLER, et al. 2016).

Todos os tipos de pilhas e baterias encontrados contêm Hg, com exceção das de Li. O Hg está presente 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. 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, em função de vários fatores, como: econômicos, tecnológicos, climáticos entre outros. (REIDLER, et al. 2016).

2.5 DESCARTE CORRETO DE PILHAS E BATERIAS

Pilhas e baterias estão presentes em diversos utensílios usados no dia-a-dia e, por conter metais pesados em sua composição, representam grande problema ambiental. Quando descartadas em lixões, alguns tipos de pilhas deixam vazar substâncias tóxicas, contaminando lençóis freáticos, solo e ar. Além disso, esses resíduos podem afetar alimentos e pessoas que estão nos arredores das áreas contaminadas.

Alguns metais que compõe esses materiais são cancerígenos e têm efeito acumulativo no corpo humano, podendo causar desde enfraquecimento ósseo até perda da visão, audição e olfato. Uma das opções para minimizar o uso desses produtos descartáveis é a opção das pilhas e baterias recarregáveis. (GRACIELA, 2012).

O recolhimento e encaminhamento adequado das pilhas são de responsabilidade dos fabricantes ou das empresas distribuidoras. Portanto, os materiais usados devem ser entregues aos estabelecimentos que comercializam ou às assistências técnicas autorizadas, para que eles repassem os resíduos aos fabricantes ou importadores. As pilhas e baterias podem ser recicladas, reutilizadas, ou podem passar por algum tipo de tratamento que possibilite um descarte ambientalmente correto. (GRACIELA, 2012).

Ao comprar o produto, é muito importante observar na embalagem se ele pode ser descartado em lixo comum. Cerca de um terço das pilhas vendidas no Brasil são alcalinas, não contêm metais pesados em sua composição e podem ser descartadas neste tipo de lixo.

Já os outros tipos de pilhas, incluindo as recarregáveis, possuem cádmio, chumbo e mercúrio. Estas substâncias não são biodegradáveis e não podem entrar em contato com a água ou com o solo em hipótese alguma. Quando reencaminhadas ao fabricante, elas são destinadas à reciclagem ou a aterros sanitários especialmente preparados para receber este tipo de material.

O reprocessamento de pilhas e baterias proporciona a obtenção de sais e óxidos metálicos que serão utilizados nas indústrias de colorifício, cerâmicas, refratárias e químicas.

Outro cuidado que deve ser tomado é em relação às pilhas piratas. Além de terem procedência duvidosa, elas podem conter materiais tóxicos não adequados à legislação vigente. Nesses casos, os possíveis danos ao meio ambiente e à saúde são ainda mais comuns.

Postos de coletas que recebem este tipo de material:

Baterias de celulares: Lojas Vivo, Claro, Tim e Oi; Rede de assistência técnica autorizada; Revendedores.

Baterias industriais e automotivas: Rede de assistência técnica autorizada; Revendedores. (GRACIELA, 2012).

A desatenção no descarte de pilhas e baterias pode resultar em diversas complicações, desde contaminação do solo e da água até doenças que podem afetar quem entrar em contato com um local onde esses materiais foram descartados incorretamente.

A participação do comércio na questão é fundamental, oferecendo postos de coleta para as pilhas e baterias usadas. Vale lembrar que a legislação brasileira, por meio da resolução nº 257 do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), determina que os fabricantes devem inserir, na rotulagem dos produtos, informações sobre o perigo do descarte incorreto das pilhas e baterias automotivas e de celular no lixo comum.

Além disso, a PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), sancionada em 2010, estabelece o incentivo à chamada logística reversa, que constitui em incentivos para que as empresas, governos e consumidores estejam comprometidos em viabilizar a coleta e restituição dos resíduos sólidos às empresas fabricantes, além da participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis. (IDEC, 2011).

O perigo no descarte das pilhas e baterias está no fato de que, se descartadas incorretamente, elas podem ser amassadas, ou estourarem, deixando vazar o líquido tóxico de seus interiores. Essa substância se acumula na natureza e, por não ser biodegradável, - o que significa que ele não se decompõe - pode contaminar o solo. (IDEC, 2011).

Algumas práticas podem ajudar a aumentar a vida útil das pilhas. Uma delas é nunca guardá-las em locais expostos ao calor e à umidade. Isso evita o vazamento de seu conteúdo.

Além disso, é preferível a utilização de pilhas e baterias recarregáveis, pois têm maior durabilidade. É importante também retirar as pilhas do equipamento se ele for permanecer muito tempo sem uso. (IDEC, 2011).

A responsabilidade por recolher e encaminhar adequadamente as pilhas após o uso é do fabricante. Portanto, os materiais usados devem ser entregues aos estabelecimentos que comercializam ou às assistências técnicas autorizadas, para que eles repassem os resíduos aos fabricantes ou importadoras. As pilhas e baterias podem ser recicladas, reutilizadas, ou podem passar por algum tipo de tratamento que possibilite um descarte não nocivo ao meio ambiente.

Outro cuidado que deve ser tomado é com relação às pilhas "piratas". De procedência duvidosa, elas podem conter materiais muito mais tóxicos do que as regularizadas. É importante também observar a rotulagem do produto. Veja se na embalagem consta que a pilha pode ser descartada no lixo comum. As pilhas do tipo alcalinas não contém metais pesados em sua composição. Já as pilhas comuns, como as recarregáveis, possuem mercúrio, cádmio e chumbo, e devem ser devolvidas ao fabricante. (IDEC, 2011).

2.5.1 Projeto de Lei

Um maior envolvimento do consumidor na reciclagem e no combate à pirataria de pilhas e baterias foi mote de convocação dos participantes da audiência pública da Comissão de Assuntos Sociais do Senado Federal. A audiência que aconteceu no final de agosto foi destinada a debater o PLS (Projeto de Lei do Senado) nº 714/07, que trata da destinação correta de pilhas e baterias usadas. (IDEC, 2011).

O PLS propõe que fabricantes, importadores, estabelecimentos comerciais e consumidores possam ser responsabilizados pelo descarte ambientalmente inadequado de pilhas e baterias. (IDEC, 2011).

2.6 RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE

Existe uma preocupação com o meio ambiente quando se trata de lixo. Sabe-se que não se pode simplesmente descartar qualquer coisa no lixo, principalmente se em sua composição existe algum material tóxico e poluente. Nem toda pilha pode ser jogada no lixo doméstico, por isso, destacou-se isso nesse trabalho falando da reciclagem de pilhas (Figura 9). (NOGUEIRA, et al. 2011).

Figura 9: Processo de reciclagem das pilhas.



Fonte: Viva Saúde – Como descartas as pilhas.

Muitas das pilhas e baterias que se utilizam em equipamentos eletrônicos contêm metais pesados e produtos químicos que, se liberados na natureza, fazem mal à vida, causando desde enfraquecimento ósseo até perda de olfato, visão e audição. Para controlar isso, em julho de 2000, entrou em vigor uma norma do Conselho Nacional do Meio Ambiente que atribui aos fabricantes a responsabilidade sobre o material tóxico que produzem. Assim, o recolhimento e encaminhamento adequado de pilhas e baterias não descartáveis em lixo comum são de responsabilidade da empresa fabricante ou da distribuidora do produto no Brasil, caso o mesmo seja importado. Se houver alguma dúvida sobre qual tipo de pilha pode descartar, o primeiro passo é verificar a embalagem: ela informa se aquele produto deve ou não ser jogado fora em lixo comum. Cerca de um terço das pilhas vendidas no Brasil são alcalinas, não contêm metais pesados em sua composição e podem ser descartadas no lixo doméstico.

Pilhas comuns e recarregáveis, por sua vez, têm cádmio, chumbo e mercúrio, substâncias não biodegradáveis que não devem chegar ao solo ou à água. Quando encaminhadas aos fabricantes, essas pilhas são destinadas à reciclagem ou a aterros industriais especialmente preparados para receber esse tipo de material. O recolhimento de baterias de

telefones celulares já é um procedimento relativamente comum no Brasil. Não há razões para que o mesmo não ocorra com outros tipos de pilhas e baterias. (NOGUEIRA, et al. 2011).

No Brasil, a cada ano são desperdiçados R\$ 4,6 bilhões porque não se recicla tudo o que poderia. A cidade de São Paulo produz mais de 12.000 toneladas de lixo por dia, com este lixo, em uma semana dá para encher um estádio para 80.000 pessoas. Deve-se lembrar de que uma só pilha contamina o solo durante 50 anos. (BRASIL, 2018.)

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. Alguns desses processos estão mencionados a seguir: (TENÓRIO, 2006).

- SUMITOMO - Processo Japonês totalmente pirometalúrgico de custo bastante elevado é utilizado na reciclagem de boa parte das pilhas, exceto as do tipo Ni-Cd.
- RECYTEC - Processo utilizado na Suíça 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 Ni-Cd, 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. (TENÓRIO, 2006).
- 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 Ni-Cd.
- SAB-NIFE- Processo Sueco, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.
- 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 proveniente de outros processos e as pilhas Ni-Cd se enquadram nestes outros tipos de resíduo.

- WAELZ- Processo pirometalúrgico para recuperação de metais provenientes de poeiras. Basicamente o processo se dá através de fornos rotativos. É possível recuperar metais como Zn, Pb, Cd (TENÓRIO, pag. 6, 2006).

2.6.1 Preocupação com a saúde e o meio ambiente

Como observado nesta revisão bibliográfica, desde os tempos antigos até os dias atuais, ocorreu uma enorme evolução nas pilhas. Hoje, presente na vida de várias maneiras, em relógios, rádios, lanternas e no aparelho mais utilizado pela população, o telefone celular.

As pilhas desses aparelhos não devem ser descartadas no lixo. Os metais que fazem parte da composição dessas pilhas são tóxicos. Embora, algumas pilhas por sua composição básica, como as alcalinas que não causam dano ao meio ambiente, possam ser jogadas no lixo comum. Vale lembrar que muitas pilhas vendidas são falsas, contrabandeadas e colocadas no mercado sem seguirem as normas impostas pelo CONAMA. Na dúvida, o melhor mesmo é descartar todas as pilhas esgotadas em locais apropriados para que sejam destinadas aos locais corretos para reciclagem. (NOGUEIRA, et al. 2011).

Apesar do aumento crescente de preocupação da sociedade em relação aos riscos sanitários e ambientais decorrentes do uso, cada vez mais intenso, de pilhas e baterias, infelizmente ainda nos deparamos com a triste realidade brasileira do descarte inadequado desses resíduos. Visto que apenas 36% dos municípios brasileiros usam aterros sanitários para depositarem seus resíduos sólidos. (IBGE, 2002).

2.7 REAÇÃO DE OXIDAÇÃO E REDUÇÃO

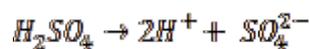
Determinados metais, quando colocados dentro de uma solução ácida liberam íons. Dessa forma, quando colocamos um eletrodo de zinco e outro de cobre em solução de ácido sulfúrico, ambos os metais irão liberar íons na solução, mas em quantidades diferentes. O eletrodo de zinco libera, na solução de ácido sulfúrico, íons positivos bivalentes de zinco, Zn^{2+} . Os dois elétrons, que com esse íon formavam um átomo (neutro), são retidos no eletrodo de zinco. Ao redor desse eletrodo ficam então muitos íons positivos de zinco, e o eletrodo fica com um excesso de elétrons. (MATSUBARA, 2007).

A libertação dos íons de zinco não continua indefinidamente, porque a carga positiva dos íons, que contorna esse eletrodo, atinge um valor tal que impede a libertação de novos

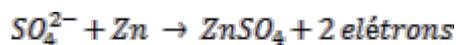
íons; isto é, qualquer novo íon solto na solução é repellido pela carga positiva e volta ao zinco, aí se unindo a dois elétrons e formando novamente um átomo de zinco (neutro). O zinco fica então com carga negativa, devida aos elétrons, e a solução com carga positiva, devida aos íons. A consequência é que o zinco fica com um potencial mais baixo que a solução. Com a lâmina de cobre acontece o mesmo. Ela também solta na solução íons positivos bivalentes de cobre Cu^{2+} , e retém elétrons. Então, o cobre também fica com potencial mais baixo que a solução. Mas, nem todos os metais têm a mesma facilidade para soltar íons. O cobre solta menos íons que o zinco e, portanto, retém menos elétrons que o zinco. A consequência é que o cobre fica com potencial mais alto que o zinco, embora ambos tenham potencial mais baixo que a solução. (MATSUBARA, 2007).

A diferença de potencial entre o cobre e o zinco aparece então porque esses dois metais não tem a mesma facilidade para libertar íons na solução. Como o zinco possui mais elétrons que o cobre, quando eles são reunidos pelo condutor, há passagem de elétrons do zinco para o cobre, isto é, carga negativa, do zinco para o cobre. Mas, convencionamos que a corrente nos metais seja constituída por movimento de partículas positivas imaginárias que se deslocam do cobre para o zinco. Poderíamos levantar a seguinte dúvida: se o zinco vai cedendo elétrons ao cobre, através do condutor, depois de algum tempo o zinco e o cobre ficarão com igual número de elétrons, portanto, com mesmo potencial, e a pilha deixará de funcionar. Veremos que o ácido sulfúrico impede que isso aconteça. (MATSUBARA, 2007).

As moléculas de ácido sulfúrico se dissociam em íons hidrogênio e SO_4^{2-} , segundo a equação:



O íon SO_4^{2-} se dirige para o zinco, aí reage com ele, formando-se sulfato de zinco, segundo a equação:



Libertando-se nessa reação dois elétrons que o zinco manda depois para o condutor. Essa reação química é a fonte de elétrons para o zinco, isto é, é a origem dos elétrons que a pilha fornece para constituírem a corrente elétrica no circuito externo.

O íon de hidrogênio, H^+ , se dirige para o cobre; aí recebe um elétron e se transforma num átomo de hidrogênio (neutro), segundo a equação:



Os átomos de hidrogênio se unem dois a dois formando moléculas de hidrogênio, que se desprendem junto ao cobre. Em resumo: a reação química fornece elétrons ao zinco; este os

cede ao condutor, que os conduz até o cobre; o cobre recebe elétrons e os cede aos íons de hidrogênio.



Agora conseguimos compreender claramente o que significa a expressão: “a pilha transforma energia química em energia elétrica”. Significa que a reação química liberta dois elétrons, isto é, liberta carga elétrica, como mostrado na reação anterior. Com o funcionamento da pilha, a reação continua, e o zinco vai sendo consumido, e transformado em sulfato de zinco. Podemos então, dizer que a energia elétrica fornecida pela pilha provém da energia química do consumo do zinco. Depois de algum tempo de uso, o zinco desaparece. Para restaurar a pilha precisamos usar nova lâmina de zinco. (MATSUBARA, 2007).

2.8 O PAPA-PILHAS

O Papa-Pilhas (Figura 10) é um programa do Banco Santander que recolhe e recicla pilhas, baterias portáteis, celulares, laptops, câmeras digitais e outros aparelhos eletrônicos portáteis que caibam nos coletores das agências e prédios administrativos do banco e ficam à disposição de toda a sociedade.

Segundo o banco, o programa busca conscientizar as pessoas sobre a importância da destinação adequada desses materiais, cujos resíduos tóxicos trazem riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Quando depositados em lixões e aterros sanitários, esses resíduos, que levam séculos para se decompor, podem vazar e contaminar os lençóis freáticos, o solo e os rios, causando danos às pessoas e aos animais.

Desde que foi criado, em 2006, mais de 500 toneladas de materiais foram recolhidos e reciclados pelo programa. A reciclagem é feita pela empresa especializada e licenciada Suzaquim. O Santander é responsável por todos os custos de coleta, transporte e reciclagem. Atualmente, o programa soma mais de 2,8 mil postos de coleta instalados em todo o território nacional.

Figura 10: Papa Pilhas em agência do Santander.



Fonte: Marcelo Lisboa, Flickr.

2.9 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS SEGUNDO O CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, foi instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90.

O CONAMA é composto por Plenário, CIPAM, Grupos Assessores, Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho. O Conselho é presidido pelo Ministro do Meio Ambiente e sua Secretaria Executiva é exercida pelo Secretário-Executivo do MMA.

O CONAMA reúne-se ordinariamente a cada 3 meses no Distrito Federal, podendo realizar Reuniões Extraordinárias fora do Distrito Federal, sempre que convocada pelo seu Presidente, por iniciativa própria ou a requerimento de pelo menos 2/3 dos seus membros.

É da competência do CONAMA: (CONAMA, 1981).

- Estabelecer, mediante proposta do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, dos demais órgãos integrantes do SISNAMA e de Conselheiros do CONAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades

efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e Municípios e supervisionado pelo referido Instituto;

- Determinar, quando julgar necessário, a realização de estudos das alternativas e das possíveis consequências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais e municipais, bem como às entidades privadas, informações, notadamente as indispensáveis à apreciação de Estudos Prévios de Impacto Ambiental e respectivos Relatórios, no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental, em especial nas áreas consideradas patrimônio nacional;
- Decidir, por meio da Câmara Especial Recursal - CER, em última instância administrativa, em grau de recurso, sobre as multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA;
- Determinar, mediante representação do IBAMA, a perda ou restrição de benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público, em caráter geral ou condicional, e a perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito;
- Estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição causada por veículos automotores, aeronaves e embarcações, mediante audiência dos Ministérios competentes;
- Estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos;
- Estabelecer os critérios técnicos para a declaração de áreas críticas, saturadas ou em vias de saturação;
- Acompanhar a implementação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC conforme disposto no inciso I do art. 6º da Lei 9.985, de 18 de julho de 2000;
- Estabelecer sistemática de monitoramento, avaliação e cumprimento das normas ambientais;
- Incentivar a criação, a estruturação e o fortalecimento institucional dos Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente e gestão de recursos ambientais e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- Avaliar regularmente a implementação e a execução da política e normas ambientais do País, estabelecendo sistemas de indicadores;

- Recomendar ao órgão ambiental competente a elaboração do Relatório de Qualidade Ambiental, previsto no inciso X do art. 9º da Lei 6.938, de 1981;
- Estabelecer sistema de divulgação de seus trabalhos;
- Promover a integração dos órgãos colegiados de meio ambiente;
- Elaborar, aprovar e acompanhar a implementação da Agenda Nacional do Meio Ambiente, a ser proposta aos órgãos e às entidades do SISNAMA, sob a forma de recomendação;
- Deliberar, sob a forma de resoluções, proposições, recomendações e moções, visando o cumprimento dos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente;
- Elaborar o seu regimento interno. (CONAMA, 1981).

São atos do CONAMA:

- Resoluções, quando se tratar de deliberação vinculada a diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais;
- Moções, quando se tratar de manifestação, de qualquer natureza, relacionada com a temática ambiental;
- Recomendações, quando se tratar de manifestação acerca da implementação de políticas, programas públicos e normas com repercussão na área ambiental, inclusive sobre os termos de parceria de que trata a Lei no 9.790, de 23 de março de 1999;
- Proposições, quando se tratar de matéria ambiental a ser encaminhada ao Conselho de Governo ou às Comissões do Senado Federal e da Câmara dos Deputados;
- Decisões, quando se tratar de multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA, em última instância administrativa e grau de recurso, por meio de deliberação da Câmara Especial Recursal - CER. (CONAMA, 1981).

2.10 LEGISLAÇÃO E GESTÃO DE BATERIAS ESGOTADAS

2.10.1 Brasil - Política Nacional

O governo do Brasil foi pioneiro, na América Latina, ao estabelecer a regulamentação para a gestão de baterias esgotadas, através da Resolução CONAMA 257, 30/06/99 e em vigor a partir de 22/07/2000, complementada pela Resolução nr. 263 de 12/11/99. Entre os diferentes tipos de pilhas e baterias (Resol. 257, Art. 2º), aqueles que contenham chumbo,

cádmio, mercúrio e seus compostos deverão ser devolvidos (Art. 1º), e aceitos (Art. 3º) por comercializadores, fabricantes ou importadores, ou pela rede de coleta que deverá ser criada por eles (Art. 6º). A rede deverá ser dotada de procedimentos para acondicionamento ambientalmente correto, coleta, transporte e armazenamento, em conformidade com a legislação aplicável (Art. 4º).

Fabricantes e importadores deverão implantar sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, de acordo com a legislação (Art. 12º) e técnicas ambientalmente corretas (Art. 14º). Foram previstas as condições para: (a) destinação de pilhas juntamente com resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados (Art. 13º) e que atendam às metas para redução de conteúdo de metais pesados (Tabela 3) (b) e incineração de pilhas incorporadas em equipamentos que não puderem ser reaproveitáveis ou recicláveis (Art. 14º, Parágrafo Único), desde que obedecidas a Norma Técnica NBR 11175 (Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos) e Resolução CONAMA 03 de 28/jun/90 para qualidade do ar. Os limites de composição em metais pesados (Art. 5º e 6º e Resolução CONAMA no. 263, de 12 de novembro de 1999) para fabricação, importação e comercialização. (FURTADO, 2004).

Tabela 3: Resolução CONAMA – Metas para concentração de metais pesados em baterias.

METAS PARA CONTEÚDO EM PESO			
Tipos – Zinco-manganês, Alcalina-manganês	Mercúrio	Cádmio	Chumbo
Ano 2000	0,025%	0,025%	0,400%
Ano 2001	0,010%	0,015%	0,200%
Tipos – Miniatura e botão	Mercúrio	Cádmio	Chumbo
Ano 2000	Até 25mg por elemento		
Ano 2001	Até 25mg por elemento		

Fonte: FURTADO, João S. *Baterias esgotadas: legislações & modelos de gestão*. Fev. 2004.

A Resolução Art. 13º - permite que “As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no art. 6º poderão ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados”.

Com base Resolução do CONAMA, a ABINEE divulgou os tipos de baterias comercializadas no Brasil que poderão ir para o lixo doméstico e os que deverão ser recolhidos - pelo consumidor junto aos fabricantes, conforme Tabelas 4 e 5 (FURTADO, 2004).

Tabela 4: Baterias para descarte no lixo doméstico, segundo ABINEE.

TIPO/SISTEMA	APLICAÇÃO MAIS USUAL	DESTINO
Comuns e Alcalinas Zinco/Manganês Alcalina/Manganês	Brinquedo, lanterna, rádio, controle remoto, rádio relógio, equipamento fotográfico, pager, walkman	Lixo doméstico
Especial Níquel-metal-hidreto (NiMH)	Telefone celular, telefone sem fio, filmadora, notebook	Lixo doméstico
Especial Ions de Lítio	Telefone celular e notebook	Lixo doméstico
Especial Zinco-Ar	Aparelhos auditivos	Lixo doméstico
Especial Lítio	Equip. fotográfico, relógio, agenda eletrônica, calculadora, filmadora, notebook, computador, vídeo cassete	Lixo doméstico
Pilhas especiais do tipo botão e miniatura, de vários sistemas	Equipamento fotográfico, agenda eletrônica, calculadora, relógio, sistema segurança e alarme	Lixo doméstico

Fonte: FURTADO, João S. *Baterias esgotadas: legislações & modelos de gestão*. Fev. 2004.

Tabela 5: Pilhas e baterias destinadas ao recolhimento.

TIPO/ COMPOSIÇÃO	APLICAÇÃO MAIS USUAL	DESTINO
Bateria de chumbo ácido	Indústrias, automóveis, filmadoras	Devolver ao fabricante ou importador
Pilhas e Baterias de níquel cádmio	Telefone celular, telefone sem fio, barbeador e outros aparelhos que usam pilhas e baterias recarregáveis	Devolver ao fabricante ou importador
Pilhas e baterias de óxido de mercúrio	Instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle	Devolver ao fabricante ou importador

Fonte: FURTADO, João S. *Baterias esgotadas: legislações & modelos de gestão*. Fev. 2004.

3 METODOLOGIA

Este trabalho teve como método uma revisão bibliográfica não estruturada. Considerou-se materiais existentes e pertinentes ao assunto em estudo encontrados em livros, sites, revistas e artigos. Nas pesquisas feitas foi observado o histórico das pilhas e baterias e em seguida os danos causados ao meio ambiente e por consequente aos seres vivos pelos metais que as compõem quando de seu descarte inadequado.

Segundo Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa bibliográfica abarca toda a produção literária que diz respeito ao tema de estudo. As autoras afirmam que a finalidade desta etapa é a de “colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas quer gravadas” (MARCONI; LATAKOS, 2002, p. 71).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a revisão bibliográfica, foi possível analisar o quanto as pilhas e baterias são indispensáveis para a vida humana. Observou-se também as medidas que estão sendo tomadas para a diminuição e controle desses danos pelos órgãos responsáveis. Há uma grande preocupação dos ambientalistas com relação ao seu descarte inadequado, com isso projetos como o Papa Pilhas que espalham pontos de coletas deste material por várias cidades são desenvolvidos para alertar a população sobre os perigos de descartar incorretamente as pilhas e baterias que não têm mais utilidade.

Infelizmente nem todos tem acesso a estes projetos. Nas cidades de pequeno porte eles praticamente não existem e nos grandes centros, mesmo existindo, a população prefere muitas vezes descartar o material na lata do lixo.

Sabendo do risco que esse material acarreta e da falta de informação para muitos usuários, seria importante que este assunto viesse a ser mais acessível para todos com programas em rádios e tvs abertas, trazendo assim para toda população um alerta quanto aos riscos do descarte inadequado desse material.

Fazer um resgate histórico desses materiais nos levou em uma viagem ao tempo e nos mostrou o quanto as pilhas de baterias atuais são diferentes em tamanho, eficiência e acessibilidade das primeiras pilhas que surgiram em 1800, mas também como desde o seu surgimento elas tinham a mesma finalidade de facilitar a vida humana.

É importante frisar que a CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) busca aplicar no processo de ensino-aprendizagem a construção do conhecimento técnico e científico compreendendo a ciência a partir de um conceito de saber confiável, buscando aplicar os conhecimentos nas salas de aula de forma crítica e situada, distanciando o conteúdo das grandes narrativas e focando na realidade de vida dos alunos, na busca pelo desenvolvimento social na relação com a natureza. Por sua vez, a EA (Educação Ambiental) visa formar indivíduos preocupados com os problemas ambientais e que busquem a preservação e a sustentabilidade.

Por fim, não se pode imaginar o mundo hoje sem o uso de pilhas e baterias, por isso é necessária uma conscientização da população e também um programa mais severo de fiscalização com os fabricantes para que os mesmos disponham ao usuário pontos de coleta do material mais acessível a todos.

5 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação. 2 ed. São Paulo: ABNT, 2004a. 77p.

AFONSO, Júlio Carlos et al. – PROCESSAMENTO DA PASTA ELETRÔNICA DE PILHAS USADAS - Química Nova – Nota Técnica Vol. 26, Nº. 4, 573-577, 2003 – Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal de Rio de Janeiro, CP 68563, 21949-900 Rio de Janeiro – RJ.

Ambiente Brasil, Estatísticas de Reciclagem – Lixo. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/estatisticas_de_reciclagem/estatisticas_de_reciclagem_-_lixo.html> Acesso em: 13 de março de 2018).

AGOURAKIS, Demetrios Chiuratto et al. – COMPORTAMENTO DE ZINCO E MANGANÊS DE PILHAS ALCALINAS EM UMA COLUNA DE SOLO – Química Nova – Artigo. Vol. 29, Nº 5, 960-994, 2006 – Centro de Química e meio Ambiente, Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares, CP 11049, 05422-970 São Paulo – SP Brasil.

ATKINS, Peter; JONES, Loreta. Princípios da Química. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOCCHI, N; FERRACIN, L.C; BIAGGIO, S.R; Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental. Química Nova na Escola, Nº11, Maio de 2000.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasília: DNPM, 1999. v. 19, p. 100-102.

CUIDANDO DO MEIO AMBIENTE - Descarte correto de pilhas e baterias, GRACIELA, 2012. Disponível em: <<http://cigres.blogspot.com/2012/02/descarte-correto-de-pilhas-e-baterias.html>> Acesso em: 15 de março de 2018.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio ambiente – Resolução Nº. 257, de 30 de Junho de 1999 – Lei Nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981 pelo Decreto Nº 99.274, de 6 de Junho de

1990, disposto em seu Regimento Interno, Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas.

FURTADO, João S. *Baterias esgotadas: legislações & modelos de gestão*. Fev. 2004.

Idec – Instituto brasileiro de defesa do consumidor; Entenda por que pilhas e baterias não podem ser descartadas nos lixos comuns; 07 de Outubro de 2011. Disponível em: <<https://idec.org.br/consultas/dicas-e-direitos/entenda-por-que-pilhas-e-baterias-nao-podem-ser-descartadas-nos-lixos-comuns>> Acesso em: 15 de março de 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados*. 5ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MATSUBARA, Elaine Y. et al. – PILHAS ALCALINAS: UM DISPOSITIVO ÚTIL PARA O ENSINO DE QUÍMICA – Química Nova – Educação. Vol. 30, Nº 4, 1020-1025, 2007 – Departamento de Química, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Av. Bandeirantes, 3900, 14040-901 Ribeirão Preto – SP, Brasil.

NISENBAUM, André Moises. Pilhas e Baterias. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_pilhas_e_baterias.pdf/> Acesso em: 10 de abril de 2018.

NOGUEIRA, D; VENTURA, D. AP; FABOCCI, R.T.S; LIMA, A.A. ; ARÇARI, D.P - Pilhas e baterias descarte correto e reciclagem. Centro Universitário Amparense – UNIFIA, 2011.

PAULINO, JESSICA FRONTINO ET AL. – PROCESSAMENTO DE PILHAS Li/MnO₂ USADAS – Química Nova – nota Técnica. Vol. 30, Nº 3, 718-722, 2007 – Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CP 68563, 21949-900 Rio de Janeiro RJ, Brasil.

REIDLER, Vega Longo Nivea Maria. et al. *Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas*. Maio, 2016.

ROCHA, R. R. O. OLIVEIRA, R. M. CRUZ, T. G. S. O descarte de pilhas e baterias no brasil e o seu impacto no meio ambiente. 2004. Centro Superior de Educação Tecnológica - CESET, UNICAMP.

RUSSEL, John B. Química Geral. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981. p. 585-759.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Reciclagem de Pilhas e Baterias. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2006.

WOLFF, E; CONCEIÇÃO, S.V; Resíduos sólidos: a reciclagem de pilhas e baterias no brasil. Reidler N.M.V.L; Günther, W.M.R.G; Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas.

