



MESTRADO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SAÚDE

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE

IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E A SAÚDE  
DECORRENTES DO DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS  
PORTÁTEIS EM GOIÂNIA – GO

KASSIA FRANCIELLY SOARES DE OLIVEIRA MARTINS

Goiânia–Goiás

Março de 2018



MESTRADO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E SAÚDE

# IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E A SAÚDE DECORRENTES DO DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS PORTÁTEIS EM GOIÂNIA – GO

KASSIA FRANCIELLY SOARES DE OLIVEIRA MARTINS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-reitora de Pós-Graduação e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Sandra Regina Longhin.

Goiânia–Goiás

Março de 2018

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação  
(Sistema de Bibliotecas PUC Goiás)

Martins, Kassia Francielly Soares Oliveira

Impactos ao Meio ambiente e a Saúde Decorrentes do Descarte de Pilhas e Baterias Portáteis em Goiânia – GO [recurso eletrônico] / Kassia Francielly Soares de Oliveira Martins. – 2018.

42 f.; il. 30 cm

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (mestrado) – Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde, Goiânia, 2018.


Inclui referências f. 42–50

1. Pilhas e baterias. 2. Logística Reversa. 3. Saúde. I. Rubin, Júlio Cezar Rubin. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. III. Título

CDU 502(043)

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE  
DEFENDIDA EM 15 DE MARÇO DE 2018 E CONSIDERADA  
APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:


1)

  
Prof. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin/ PUC Goiás (Presidente/Orientador)

2)

  
Prof. Dra. Sandra Regina Longhin (PUC Goiás – Coorientadora)

3)

  
Prof. Dra. Oyana Rodrigues dos Santos (IFG – Membro Externo)

4)

  
Prof. Dra. Maira Barberi (PUC Goiás – Membro)

5)

Prof. Dr. Matheus Godoy Pires (PUC Goiás - Suplente)

*Para Daniel,  
meu crítico, meu incentivador, meu marido, meu amor... para sempre.*

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jesus Cristo, presente em meu coração renovando minhas forças, aos meus pais Hélio Batista e Erlei Soares, ao meu marido Daniel Warles e a toda minha família. Regracio ao orientador Julio Rubin e a coorientadora Sandra Longhin que conduziram esse trabalho e gratulo a disposição da Saneago, Aterro Sanitário de Goiânia e ABINEE pelo fornecimento das análises e dados.

*Para a humanidade sobreviver,  
precisaremos de uma maneira  
substancialmente nova de pensar.  
Albert Einstein*

# RESUMO

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

## IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E A SAÚDE DECORRENTES DO DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS PORTÁTEIS EM GOIÂNIA – GO

Kassia Francielly Soares de Oliveira Martins

Março de 2018

Orientador: Prof<sup>º</sup>. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin.

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Sandra Regina Longhin.

**RESUMO:** Em consequência ao crescimento populacional obteve-se a elevação no percentual de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no país; em 2008 gerou-se cerca de 409.530 toneladas de RSU e em 2015, 495.528 toneladas aproximadamente. No estado de Goiás e em Goiânia, seguiu-se a mesma tendência. Em Goiânia, grande parte do RSU é disposto no Aterro Sanitário de Goiânia, dentre estes resíduos estão as pilhas e baterias; instituídas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº12.305 de 2010) que impõe a implantação do sistema de logística reversa. Tendo como ponto de partida o descarte inadequado de pilhas e baterias no RSU do município de Goiânia, este trabalho tem como objetivo geral, avaliar o potencial tóxico dos metais provenientes de pilhas e baterias descartadas no Aterro Sanitário de Goiânia e diagnosticar a forma de descarte destes resíduos. Com isso, abordou-se nesta pesquisa os resultados obtidos através dos parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio — estabelecidos pela legislação e resoluções pertinentes — em função das análises do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia e do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, além da estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas no Brasil e em Goiás. Por fim, tem-se um demonstrativo de pesquisas aplicadas em diversas regiões do país apresentando a forma de descarte das pilhas e baterias nas respectivas localidades. Os resultados evidenciam a problemática futura, porquanto, pilhas e baterias decompõe-se a partir de 100 anos e a 35 anos a área do Aterro Sanitário de Goiânia é utilizada à disposição de RSU. Portanto, estes resíduos estão em processo de decomposição e os teores destes parâmetros tendem a se elevarem. Sendo essa questão o efeito de uma causa, descarte ambientalmente inadequado, evidenciada nas estimativas de reciclagem de pilhas e baterias, no período de 2012 a 2016, no Brasil e no estado de Goiás, sendo, 55,45% e 0,65%, respectivamente. Todo este escopo aponta a importância de se ampliar os programas de educação ambiental para solucionar a problemática do descarte de pilhas e baterias.

**Palavras-chave:** Pilhas e baterias, Logística Reversa, Saúde.



# ABSTRACT

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E A SAÚDE DECORRENTES DO DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS PORTÁTEIS EM GOIÂNIA – GO

Kassia Francielly Soares de Oliveira Martins

Março de 2018

Advisor: Prof<sup>o</sup>. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin.

Co-Advisor: Prof<sup>a</sup>. Dra. Sandra Regina Longhin.

**Abstract:** As a consequence of the population growth, was obtained the increase the percentage of Urban Solid Waste (USW) generated in the country; in 2008 about 409,530 tons of USW were generated and in 2015, were 495,528 tons approximately. In the state of Goiás and in Goiânia, the same trend followed. In Goiânia, much of the USW is disposed in the Landfill of Goiânia, among these residues are the batteries; instituted in the National Solid Waste Policy (Law n°12.305 of 2010), which imposes the implementation of the reverse logistics system. Having as a starting point the inappropriate disposal of batteries in the USW of the municipality of Goiânia, this work has as general objective to evaluate the toxic potential of metals from batteries in the Landfill of Goiânia and to diagnose the way of disposal of this residue. Thereby, it was approached in this study the results obtained using the parameters cadmium, lead and mercury - established by the pertinent legislation and resolutions - based on the analyzes of the slurry of the Landfill of Goiânia and the ETE effluent Dr. Hélio Seixo de Brito, in addition to the estimated amount of batteries recycled in Brazil and in Goiás. Finally, there is a demonstration of applied researches in several regions of the country presenting the form of disposal of the batteries in the respective localities. The results evidence a future problem, since, batteries decompose from 100 years to 35 years, the area of the Landfill of Goiânia is used at the disposal of USW. Therefore, these residues are in the process of decomposition and the tenor of these parameters tend to increase. As this question is the effect of a cause, environmentally inappropriate disposal, evidenced in the recycling estimates of batteries, between 2012 and 2016, in Brazil and the state of Goiás, being 55.45% and 0.65% respectively. All this scope highlights the importance of extending the environmental education programs to solve the problem of disposal of batteries.

**Key-words:** Batteries, Reverse Logistics, Health.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – (a) Plano original do núcleo inicial da cidade de Goiânia proposto por Attilio Corrêa Lima. (b) Plano definitivo do núcleo inicial de Goiânia proposto por Armando de Godoy. . . . .	4
Figura 2 – Ciclo representativo do descarte de pilhas e baterias na cidade de Goiânia.	19
Figura 3 – Localização do Aterro Sanitário de Goiânia e da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. . . . .	20
Figura 4 – Relação das fontes de dados coletados. . . . .	21
Figura 5 – Associação entre a fabricação/venda e a reciclagem das pilhas e baterias portáteis. . . . .	22
Figura 6 – Pontos de coleta do efluente para análises. . . . .	24

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos dados utilizados . . . . .	23
Tabela 2 – Análises do lodo proveniente do decantador da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. . . . .	28
Tabela 3 – Análises do efluente final da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. . . . .	29
Tabela 4 – Análises a montante do ponto de descarte da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. . . . .	30
Tabela 5 – Análises a jusante do ponto de descarte da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. . . . .	31
Tabela 6 – Análise da lagoa anaeróbia do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia referente ao ano de 2015. . . . .	31
Tabela 7 – Análise da lagoa facultativa do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia referente ao ano de 2015. . . . .	32
Tabela 8 – Estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas entre 2012 a 2016 no Brasil. . . . .	32
Tabela 9 – Estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas entre 2012 a 2016 em Goiás. . . . .	33
Tabela 10 – Peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, no Brasil, de 2010 a 2013. . . . .	33
Tabela 11 – Peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas no Brasil entre 2012 a 2016. . . . .	33
Tabela 12 – Estimativa de pilhas e baterias recicladas no Brasil entre 2012 a 2016. . . . .	34
Tabela 13 – Peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas em Goiás entre 2012 a 2016. . . . .	34
Tabela 14 – Percentual de pilhas e baterias recicladas em Goiás entre 2012 a 2016. . . . .	34
Tabela 15 – Descrição dos estudos inclusos na pesquisa. . . . .	36

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Histórico de Goiânia</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Geração de resíduos</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Aterro sanitário e estação de tratamento de esgoto</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Logística reversa e destinação das pilhas e baterias</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>Principais tipos de pilhas e baterias</b> . . . . .	<b>7</b>
2.5.1	Pilha de Zinco/dióxido de manganês (Leclanché) . . . . .	8
2.5.2	Pilha de zinco/dióxido de manganês (alcalina) . . . . .	8
2.5.3	Pilha de lítio/dióxido de manganês . . . . .	9
2.5.4	Baterias de chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido) . . . . .	10
2.5.5	Baterias de Níquel-cádmio (Ni-Cd) . . . . .	10
2.5.6	Baterias de Níquel - Metal Hidreto (Ni-MH) . . . . .	11
2.5.7	Baterias de lítio . . . . .	11
<b>2.6</b>	<b>Metais tóxicos e os impactos à saúde e ao meio ambiente</b> . . . . .	<b>12</b>
2.6.1	Cádmio . . . . .	12
2.6.2	Níquel . . . . .	13
2.6.3	Chumbo . . . . .	14
2.6.4	Mercúrio . . . . .	15
2.6.5	Lítio . . . . .	16
2.6.6	Manganês . . . . .	16
2.6.7	Zinco . . . . .	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Análise comparativa</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta dos dados</b> . . . . .	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Situação do descarte de pilhas e baterias no Brasil</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> . . . . .	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise comparativa</b> . . . . .	<b>26</b>
4.1.1	Legislações . . . . .	26
4.1.2	Análises dos metais . . . . .	27
4.1.3	Correlação entre as pilhas e baterias vendidas e recicladas . . . . .	32
<b>4.2</b>	<b>Situação do descarte de pilhas e baterias no Brasil</b> . . . . .	<b>35</b>

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	40
	REFERÊNCIAS . . . . .	42

# 1 INTRODUÇÃO

Em 1800 o físico italiano Alessandro Volta construiu sua primeira unidade de potencial elétrico, o Volt, sendo o personagem mais aceito como o inventor das pilhas. Em homenagem ao cientista a unidade de potencial elétrico recebeu o nome "Volt". Em 1868 o engenheiro francês George Leclanché desenvolveu a pilha de carbono-zinco (Zn-C), que teve seu uso propagado. O desenvolvimento progrediu em alta escala, sendo que no início do século XX os Estados Unidos produziram cerca de dois milhões de pilhas e baterias. No decorrer do século novas invenções foram surgindo, o rádio doméstico em 1920 e a partir dos anos 60 vários outros equipamentos elétricos e eletrônicos portáteis ficaram disponíveis no mercado com o transcorrer do tempo (ORSOLON, 2010).

A precaução sobre o descarte e suas consequências surgiu no final da década de 1970, onde atentaram-se aos perigos de se descartar baterias e pilhas usadas junto com o resíduo comum. Até a década de 1980, normalmente, utilizava-se para uso doméstico as baterias em forma de bastonetes, principalmente de Zn-C, as quais, quando exauridas eram destinadas junto com o resíduo domiciliar. Em alguns países da Europa, no final dessa década, notaram os perigos que estavam sujeitos diante da disposição inadequada de tais resíduos, fato que incentivou a pesquisa de métodos de gerenciamento, tendo como objetivo minimizar os riscos sanitários e ambientais (REIDLER; GÜNTHER, 2003).

Todas as pilhas, exceto as de lítio, continham mercúrio metálico até 1985 – metal não biodegradável, tóxico à saúde e ao ambiente – em proporções variadas de 0,01 a 30%. Foram sendo desenvolvidos novos tipos de pilhas e baterias após o advento do transistor e do conseqüente surgimento de inúmeros equipamentos movidos à bateria. Os metais e demais aditivos presentes na composição de alguns modelos requerem alta potência e são eminentes os riscos à saúde e ao meio ambiente. O desenvolvimento da tecnologia gera novas questões ambientais e sanitárias a serem analisadas, que no momento atual vem sendo abordado e estudado pela sociedade fabril (REIDLER; GÜNTHER, 2003).

De forma simplificada, as baterias têm como princípio básico converter energia química em energia elétrica utilizando um metal como combustível. Sua composição pode variar dentre os seguintes metais: chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), lítio (Li), zinco (Zn), manganês (Mn) e seus compostos. As substâncias das pilhas que contêm tais metais possuem características de corrosividade, reatividade e toxicidade e são classificadas como "Resíduos Perigosos - Classe I" (MONTEIRO; ZVEIBIL, 2001).

Em 1999 se aprovou uma legislação que dispõe sobre pilhas e baterias que contêm Hg, Pb e Cd (Resoluções CONAMA: n°257, de 30/06/99; e n°263, de 12/11/99). Apesar

de tal alcance, na prática, não é suficiente para solucionar o problema em questão. Desde então tem se originado muita informação divergente. A derivação dessa controvérsia consiste na generalização de que todas as pilhas e baterias usadas devem ser classificadas como resíduos perigosos. Porém, no Brasil ainda não há estudos suficientes que comprovem a necessidade de se recolher outros tipos de pilhas e baterias, além dos especificados na referida legislação, conquanto há forte pressão para que todos os tipos sejam coletados, tratados e dispostos adequadamente nos países da União Europeia. Ademais, é preciso atentar para as pilhas e baterias que embora não contenha os metais referidos na legislação, a quantidade e a agilidade de sua geração na atualidade constituem em problemas ambientais, sendo nocivos como os resíduos regulamentados; circunstância que requer uma análise com perspicácia (REIDLER; GÜNTHER, 2003).

Com o surgimento de novos produtos disponíveis no mercado, ampliou-se a quantidade de resíduos a serem gerenciados de forma a impactar o mínimo possível a saúde e ao meio ambiente, com isso, há um aumento da poluição e da geração de resíduos. Mais de 200 anos de uma gestão insuficiente dos resíduos industriais resultou em contaminações repetidamente do manejo e disposição final indevida dos resíduos perigosos (ROSA; FRACETO; CARLOS, 2012).

Há emissões de metais proveniente de fontes naturais como atividades vulcânicas e erosão, mas as antropogênicas estão adquirindo uma maior proporção, difundindo-se no solo, água, ar e acumulando na cadeia alimentar, uma vez que impactará a qualidade de vida do homem (FIRJAN, 2000).

Os metais na forma catiônica (solúvel) podem entrar na cadeia alimentar humana e de outros animais ao serem absorvidos primariamente por plantas e microrganismos. Geralmente, em baixas concentrações são irrelevantes ao metabolismo dos organismos vivos. No entanto, em maiores concentrações, podem ser tóxicos. Um exemplo são os macronutrientes – cálcio, magnésio e potássio – essenciais as plantas, isto é, absorvem do solo em razoável quantidade. Já os micronutrientes cobre e zinco são necessários em baixas concentrações e tóxicos em maiores concentrações (NUVOLARI, 2011).

Tendo como ponto de partida o descarte inadequado de pilhas e baterias em resíduos sólidos urbanos no município de Goiânia, o objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial tóxico dos metais provenientes de pilhas e baterias descartadas no Aterro Sanitário de Goiânia e diagnosticar a forma de descarte destes resíduos. Os objetivos específicos, são: diagnosticar a presença de pilhas e baterias no Aterro Sanitário de Goiânia; avaliar a composição química das pilhas e baterias portáteis; avaliar a toxicidade desses metais para o meio ambiente e a saúde humana; e estimar a porcentagem de pilhas e baterias destinadas de forma ambientalmente adequada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Histórico de Goiânia

Para atender as expectativas de uma elite urbana goiana em desenvolvimento, Attilio Corrêa Lima – graduado engenheiro-arquiteto na Escola Nacional de Belas Artes (ENBA), no Rio de Janeiro, em 1925 – recebeu mediante convite do governador Pedro Ludovico Teixeira em 1932 a incumbência de idealizar a nova capital do estado de Goiás. Goiânia seria tal qual a cidade de Belo Horizonte para o estado de Minas Gerais, colocaria Goiás em sintonia na propagação dos mercados, da periferia do capitalismo, aderindo suas novas elites urbanas aos fluxos do capital. Deste modo, a capital projetada proporcionaria ação civilizatória ao presumir a área adequada para as funções pela formação econômica e, de certa forma, estimular a evolução social (VIEIRA, 2011).

Em 20 de dezembro de 1932 uma comissão especial informou em relatório o local perfeito para construção da futura capital, era um sítio nas proximidades da cidade de Campinas – atualmente, o bairro de Campinas (CINTRA, 2010). Em 6 de julho de 1934 por decreto do governador, Attilio torna-se responsável pelo projeto da nova capital, e em 1937 o plano diretor foi revisto e publicado com alterações na revista *Arquitetura e Urbanismo*, intitulado "Goiânia: a nova capital de Goiás" (PASTORE, 2012).

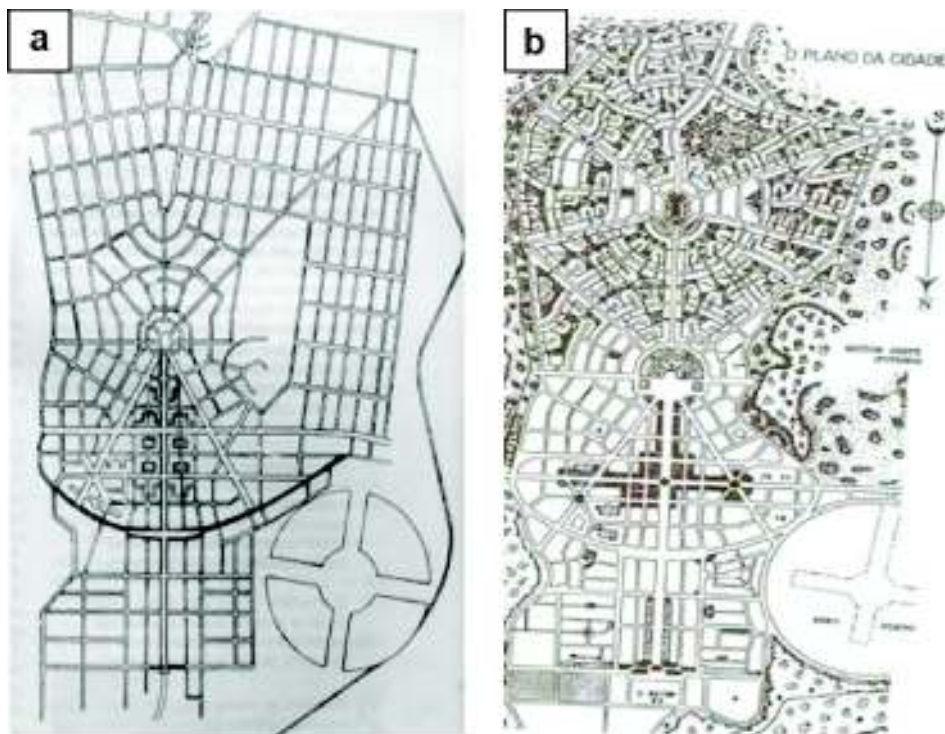
O plano de Atílio, conforme mostrado na Figura 1 (a), foi apresentado em dezembro de 1933 e sua implantação imediatamente iniciada. Na concepção urbanística de Attilio Corrêa Lima para Goiânia, o elemento urbano mais importante era a praça central, foco privilegiado das perspectivas engendradas pelas principais vias traçadas – avenidas Goiás, Tocantins e Araguaia. Em meio ao processo, em abril de 1935, Atílio demitiu-se e os trabalhos por ele desenvolvidos e inacabados (implantação do plano urbanístico da cidade, construção dos principais edifícios públicos e de algumas casas para funcionários públicos) foram assumidos pela empresa Coimbra Bueno & Cia Ltda, construtora carioca de propriedade dos irmãos Abelardo Coimbra Bueno e Jerônimo Coimbra Bueno, engenheiros goianos formados no Rio na Escola Politécnica de Engenharia em 1933, contratada anteriormente para a execução das obras (MOTA, 2004). Com a suspensão de Corrêa Lima na prestação de serviços ao governo do Estado, o engenheiro Armando de Godoy assumiu a incumbência de ser o consultor técnico dos construtores de Goiânia, realizando alterações no plano original conforme exibido na Figura 1 (b) (VIEIRA, 2011).

O Plano alterado manteve referências do projeto original da cidade, dividida em quatro setores: Central, Norte, Sul, e Oeste, com capacidade para 50 mil habitantes. No Setor Central deu-se destaque para a Praça Cívica sede do Centro Administrativo, de



onde se irradiam as três principais avenidas (Goiás, Araguaia e Tocantins). Abriu-se a Avenida Paranaíba perpendicularmente às três avenidas mencionadas, conectando o Parque Botafogo ao antigo aeroporto (localizado no atual setor Aeroporto). Na Região Sul introduziu-se um bairro residencial, o atual Setor Sul e no Norte surgiam as primeiras casas do bairro popular. Entre os anos de 1940 e 1950, a capital já registrava um crescimento superior ao planejamento inicial, contando com 53.389 mil habitantes. Em 1960, 153.505 mil habitantes, em 1970, 389.784 habitantes, em 1980, 738.117 mil habitantes, em 1990, 920.840 mil habitantes, em 2000 Goiânia ultrapassa a marca de um milhão de habitantes, com 1.090.737 e em 2010, 1.302.001 habitantes (CINTRA, 2010; IBGE, 2010).

Figura 1 – (a) Plano original do núcleo inicial da cidade de Goiânia proposto por Attilio Corrêa Lima. (b) Plano definitivo do núcleo inicial de Goiânia proposto por Armando de Godoy.



Fonte: (VIEIRA, 2011)

Famílias dos Estados próximos como, Tocantins, Maranhão, Pará, Minas Gerais e Bahia imigram para a região de Goiânia no final da década de 90 e início do século 21. Tal mudança gerou invasões e loteamentos irregulares, ocasionando problemas de infraestrutura urbana. Porém, a partir de 2000 a classe média goianiense vivencia o crescimento do advento dos condomínios horizontais, seguido de forte especulação imobiliária, instituindo um modo de habitação em Goiânia. Projetos habitacionais de caráter social foram implantados a partir de 2005, fornecendo asfalto, esgoto, iluminação e novas áreas de lazer nos bairros mais carentes (CINTRA, 2010).

## 2.2 Geração de resíduos

Em consequência ao crescimento populacional obteve-se também a elevação no percentual de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no país. No ano de 2000, o IBGE realizou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, onde apresentou-se uma geração de 125.281 toneladas diárias no Brasil. Tal geração dispõe-se 47,1% em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e 30,5% em lixões, totalizando 69% dos resíduos dispostos em aterros. Mas, avaliando em função do número dos municípios, 63,6% dispunham em lixões e 32,2% em aterros, sendo que tais aterros eram 13,8% sanitários e 18,4% controlados, logo, 5% dos municípios não informaram a forma de disposição de seus resíduos. Houve uma melhora no percentual de disposição final dos resíduos em aterros, pois, em 1989 apenas 10,7% dos municípios dispunham seus resíduos em aterros, contudo, esta mudança ainda não é o ideal, pois este percentual refere-se apenas a disposição final de resíduos e não destinação final, onde os mesmos seriam aplicados no princípio dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) (IBGE, 2000).

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela ABRELPE em 2010, expõe a mesma tendência dos anos anteriores, sendo que em 2009, 56,8% dos RSU do Brasil destinaram-se de forma ambientalmente adequada e 43,2% inadequado. No ano de 2010, 57,6% dos RSU destinaram-se adequadamente e 42,4% inadequadamente. Observando os percentuais entre aos anos de 2009 e 2010, sucedeu-se uma simplória melhoria na destinação dos RSU. Mas, se julgarmos pelo volume que este percentual representa, no ano de 2010, 23 milhões de toneladas de RSU foram destinadas de forma ambientalmente inadequada (ABRELPE, 2010).

No Panorama de 2015 relatou-se uma geração de 79,9 milhões de toneladas de RSU no Brasil, do qual coletou-se 72,5 milhões de toneladas, destes, cerca de 42,6 milhões de toneladas de RSU tiveram como disposição final os aterros sanitários. Com isso, em torno de 30 milhões de toneladas foram dispostas em aterros controlados ou Depósito Inadequado, formas de disposições estas ausentes de controle de poluição e contaminação do meio ambiente (ABRELPE, 2015).

A densidade demográfica da população goianiense segue a mesma tendência do país. No ano de 2017 estimou-se a população em 1.466.105 com uma densidade demográfica de 1.776,74 hab/ $km^2$  (IBGE, 2010). A geração de RSU em Goiás expressou-se a mesma propensão, em 2009, 5.231 t/dia, em 2010, 6.162 t/dia, em 2014, 6.643 t/dia, em 2015, 6.790 t/dia (ABRELPE, 2010; ABRELPE, 2015).

Em consequência do volume de RSU se elevando no decorrer dos anos, os municípios requerem de um plano de gerenciamento de resíduos que atenda o equilíbrio em ser economicamente viável e ambientalmente adequado.

## 2.3 Aterro sanitário e estação de tratamento de esgoto

O aterro sanitário de Goiânia é localizado na rodovia GO-060, Chácara São Joaquim, Km 3,5. Desde 1983 esta área é empregada para a disposição final dos RSU provenientes da capital goiana, porém em 1993 executou-se o processo para a adequação das estruturas, rotinas de trabalho e administrativas, tendo como objetivo desenvolver atividades em conformidades para que atendessem as normas, tornando-se efetivo a definição de aterro sanitário, sendo esta situação por aproximadamente 24 anos (COMURG, 2016). Descreveu-se a forma de disposição final dos RSU na cidade de Goiânia a partir de 1983, por não encontrar fontes formais antes do período transcorrido.

Em 2008 gerava-se cerca de 409.530 toneladas de RSU, no ano de 2015 gerou-se em torno de 495.528 toneladas de RSU (COMURG, 2016). Seguindo o mesmo índice do país e do estado, houve um aumento significativo no volume de RSU no decorrer dos anos.

O Aterro Sanitário de Goiânia encaminha seu chorume a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dr. Hélio Seixo de Britto. Inaugurada em 2003 a ETE tem capacidade de tratar até 2300 l/s. Atualmente recebe uma vazão média de 1400 l/s, atendendo cerca de 88,5% da população goianiense. A mesma realiza um tratamento primário avançado ou quimicamente assistido, este tratamento consiste em uma grade grossa e um gradeamento fino para remover os sólidos com grandes e pequenas dimensões, posteriormente o efluente segue para o processo de desarenação com a finalidade de remover as partículas de areia. Na saída da caixa desarenadora o efluente recebe uma dosagem de coagulante e logo após, na calha parshall é adicionado polímero, então é realizada a leitura da vazão direcionando o efluente para o decantador primário, nesta etapa gera-se o lodo primário, depois do decantador, o efluente final tratado é lançado no Rio Meia Ponte (SANEAGO, 2017).

## 2.4 Logística reversa e destinação das pilhas e baterias

A Lei 6.938 de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), já considerava a fabricação de pilhas e baterias uma atividade potencialmente poluidora e utilizadora de recursos naturais. Em 1999 entra em vigor a Resolução do Conama n°257 considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas, proibindo o descarte a céu aberto em corpos d'água e queima, podendo serem dispostas em aterros sanitários licenciados, desde que atendessem aos limites previsto no artigo 6° desta resolução. Esta resolução determina que as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio e mercúrio sejam recebidas pelas assistências técnicas autorizadas e estabelecimentos comerciais para repassarem aos fabricantes ou importadores a fim de que adotem os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Em 2008b a Resolução nº257 foi revogada pelo Conama nº401, ampliando as exigências no gerenciamento dos fabricantes nacionais e importadores. Estabelece distinção entre as baterias de chumbo-ácido, níquel-cádmio e óxido de mercúrio, não sendo permitido a disposição final em aterros sanitários, bem como sua incineração. Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes foram obrigados a implantar o sistema de logística reversa em 2010 através da Lei nº12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo a Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010 que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a logística reversa é:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, p. 43).

A legislação tem alguns princípios como: prevenção e precaução; poluidor pagador e protetor recebedor; desenvolvimento sustentável; cooperação entre as diferentes esferas do poder público; setor empresarial e demais segmentos da sociedade; responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. E objetivos: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos; disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais. Estes, princípios e objetivos, compõem as instruções a mitigação dos impactos em relação a geração, destinação e disposição final dos resíduos sólidos, bem como as responsabilidades do fabricante, poder público e consumidor.

## 2.5 Principais tipos de pilhas e baterias

A NBR 7039 conceitua a pilha como um gerador eletroquímico de energia elétrica mediante conversão, geralmente irreversível de energia química; e descreve o termo bateria como conjunto de pilhas ou acumuladores interligados convenientemente (ABNT, 1987).

A classificação das pilhas e baterias são definidas de diversas formas; em função do tamanho, modelo e escolha do eletrólito. Em relação ao tamanho, podem ser distinguidas em quatro: palito (AAA), pequeno (AA), médio (C) e grande (D). Quanto ao modelo: cilíndricas, retangulares ou prismático, botões e moedas. Já o eletrólito, denomina-se de acordo com a composição, se o eletrólito for de hidróxido de potássio será classificada como alcalina, mas se o constituinte for de cloreto de amônio e/ou zinco, será não alcalina ou seca. Além disso, podem ser subdivididas em duas categorias, a Leclanché (zinco-carbono) e a zinco cloreto (PEIXOTO, 2011).

No mercado nacional as principais baterias primárias que ressaltam no comércio são: zinco/dióxido de manganês (Leclanché), zinco/dióxido de manganês (alcalina) e lítio/dióxido de manganês (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

### 2.5.1 Pilha de Zinco/dióxido de manganês (Leclanché)

George Leclanché, químico francês, criou a pilha de zinco/dióxido de manganês em 1860, dentre as primárias está a mais comum. A versão utilizada atualmente é semelhante a versão original. O cloreto de amônio e o cloreto de zinco formam uma pasta denominada eletrólito. O anodo, normalmente no formato de chapa, para elaboração da caixa externa da pilha é constituído por zinco metálico. Já o catodo possui formato cilíndrico, bastão de grafite, tendo em seu entorno um composto em pó de dióxido de manganês e grafite. Em temperatura ambiente a mesma fornece um potencial de circuito aberto no intervalo entre 1,55 V e 1,74 V (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Este tipo de pilha é recomendável para finalidades que demandam baixos ou médios consumo de corrente elétrica. Com o intuito de minimizar o teor de corrosão do zinco metálico e, por conseguinte a dispersão do gás hidrogênio da parte interna da pilha, insere-se ao eletrólito uma pequena porção de sais de mercúrio solúveis, alguns fabricantes introduzem também agentes tensoativos e quelantes, cromatos e dicromatos. Deste modo, restringe a pressão interna da pilha e ameniza os vazamentos (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

O eletrodo geralmente é constituído por uma liga de zinco com baixo teor de chumbo e cádmio, tendo como objetivo atingir propriedades mecânicas apropriada a liga. Diante do exposto, observa-se que este modelo de pilha consiste em mercúrio, chumbo e cádmio, elementos estes que podem acarretar sérios riscos à saúde e ao meio ambiente (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

### 2.5.2 Pilha de zinco/dióxido de manganês (alcalina)

A principal diferença deste modelo em relação ao anterior consiste no eletrólito, pois o mesmo se compõe através de uma solução aquosa de hidróxido de potássio e um teor de óxido de zinco, então a denominação pilha alcalina. Outra diferenciação está no recipiente externo, este é fabricado em chapa de aço, tendo como objetivo minimizar o risco de vazamento de eletrólito altamente caustico. Já os eletrodos (anodo e catodo) seguem o mesmo princípio do modelo anterior. Inicialmente aplicava o eletrólito no estado líquido – primeira versão em 1882 – posteriormente introduziu-se a versão com o eletrólito pastoso (1949); esta também em temperatura ambiente, provê um potencial de circuito aberto de 1,55 V (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Dentre as vantagens em relação a pilha primária, zinco/dióxido de manganês (Le-

clanché), destaca-se seu desempenho, capacidade de descarga, além de não apresentarem reações paralelas e riscos de vazamento, podendo armazená-las por cerca de 4 anos conservando cerca de 80% de sua carga inicial. Como desvantagem, tem-se o custo oneroso em relação ao modelo anterior (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Diferentemente da pilha de zinco/dióxido de manganês (Leclanché), esta é ausente de mercúrio, chumbo e cádmio, sendo uma vantagem significativa na perspectiva do meio ambiente e da saúde (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

### 2.5.3 Pilha de lítio/dióxido de manganês

O mercado espacial buscava uma pilha que ocupasse pequenos sistemas eletroquímicos, além de serem duráveis, confiáveis e eficiente, garantindo a capacidade de armazenar grande quantidade de energia. Com isso, em 1960 investiu-se em pesquisas por componentes que atendessem tais requisitos. Estudou-se na tabela periódica os elementos químicos posicionados do lado esquerdo superior e também do lado direito superior. Assim, foi-se definido como catodos os metais lítio e sódio, e como anodos estabeleceu-se substâncias compostas de flúor, cloro e oxigênio (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

As configurações dos componentes desta pilha são similares as pilhas alcalinas, tendo como diferenciação os eletrodos, sendo produzidos em tiras enroladas, modelo predominante em câmaras fotográficas. Outra distinção está relacionada com o eletrólito, pois o mesmo se encontra em meio não aquoso, devido à alta reatividade do lítio metálico com a água, tendo o recipiente completamente selado. Ocorre reações de oxidação do lítio metálico e de redução do óxido metálico no sistema de descarga da pilha. Em temperatura ambiente, este modelo, concede um potencial de circuito aberto no intervalo de 3,0 V a 3,5 V (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Uma vantagem significativa se dá ao fato deste modelo apresentar um ótimo funcionamento em meios onde a aplicabilidade se encontra em ambientes com temperatura elevada, mas deve-se atentar a vedação do recipiente já que o lítio exposto à umidade do ar pode gerar chamas tanto no metal quanto no solvente. Como já exposto o mesmo se encontra em meio não aquoso devido a esta peculiaridade (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Observa-se que o princípio de funcionamento das pilhas e baterias são equivalentes, conquanto cada modelo possui suas peculiaridades em relação a sua capacidade, potência, vida útil e o grau de impacto à saúde e ao ambiente (PEIXOTO, 2011).

Tais peculiaridades geram características promissoras à escolha do melhor modelo para atender certa necessidade, por exemplo, em questão de peso, as baterias de níquel-cádmio, níquel-metal hidreto e lítio pleiteiam entre si. Mas avaliando suas distinções, as



baterias de níquel-cádmio difundiram no mercado e se restringiu quando exposto seus impactos à saúde e ao meio ambiente, no entanto, elas possuem preços acessíveis, ciclo de vida longo e altas taxas de descarga. Devido ao impacto do cádmio, as baterias níquel-metal hidreto e lítio tendem a predominar o mercado, pois as mesmas geram menos impacto ambiental (TENÓRIO; ESPINOSA, 2002).

#### 2.5.4 Baterias de chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido)

Raymond Gaston Plante, físico francês, desenvolveu em 1859 o primeiro modelo recarregável, tornando o alicerce das próximas que viriam ao mercado; baterias secundárias. Sua aplicabilidade seria automotiva, industrial e selada. As automotivas tendo a função de fornecer carga para o sistema de partida, iluminação e ignição. As industriais atenderiam motores elétricos e atividades ininterruptas, como hospitais. As seladas, mais robustas, utilizadas em computadores e luzes de emergência (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Este modelo de bateria tem como principal elemento um metal tóxico, este, com propensos impactos à saúde e ao meio ambiente. O chumbo tem valor significativo no mercado, com isso, há um interesse dos fabricantes no recolhimento das baterias de chumbo/ácido para recuperação do chumbo presente nestas baterias (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

#### 2.5.5 Baterias de Níquel-cádmio (Ni-Cd)

Waldemar Jungner criou, em 1899, a bateria de níquel-cádmio. Ela se constitui de alumínio, cobalto, carbono, cromo, ferro, manganês e zinco, além dos hidróxidos de níquel/cádmio; o grafite e o óxido de ferro exercem a condutividade elétrica e o cobalto recobre as partículas de hidróxido de níquel. Esta bateria se divide em dois tipos, a portátil (selada) e a de uso industrial e propulsão (não selada) (BARANDAS et al., 2007; NOGUEIRA; MARGARIDO, 2004).

Sua aplicabilidade se concentra em locais que necessitam de fornecimento constante de energia, como sistemas de emergência, equipamentos médicos, sistemas de navegação, telecomunicações e transportes aéreos. Este tipo de bateria predomina tal mercado, assim como as baterias de chumbo-ácido nos transportes terrestres (PEIXOTO, 2011).

Estas baterias têm como vantagens armazenamento seguro por longo tempo, rápida recarga, menor custo em relação as baterias de níquel-metal hidreto e as de lítio, em situações de uso excessivo elas permanecem resistentes, seguras e duráveis. Logo, as desvantagens atribuí ao fator de toxicidade do cádmio, o efeito memória e ao peso da bateria. O peso também é considerado uma desvantagem se contraposto com a bateria de níquel hidretos metálicos e ainda mais com a bateria de lítio, o que não acontece com a bateria de

chumbo-ácido, pois são mais pesadas. Em relação ao efeito memória se apresenta devido a recarga sucessivas causando alteração no ciclo carga-descarga (PEIXOTO, 2011).

### 2.5.6 Baterias de Níquel - Metal Hidreto (Ni-MH)

O principal diferencial desta bateria consiste no material ativo do anodo, pois a bateria de níquel-cádmio utilizava o cádmio. Esta aplica hidrogênio absorvido na forma de hidreto metálico. Desse modo, constitui uma liga metálica através da oxidação do hidreto metálico, regenerando o metal na descarga desse eletrodo (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

Os constituintes da liga de MH, extraoficialmente, são: níquel; vanádio; titânio; e nióbio. Estes cumprem a função do cádmio nas baterias de níquel-cádmio. Há outros modelos que aplicam cromo, estanho, antimônio, alumínio, cobalto, zircônio, germânio e lantânio. Está associação de elementos para a formação da liga gera um custo mais elevado comparado a bateria de níquel-cádmio. Dispõe forma cilíndrica e prismática, bastante utilizada na telefonia celular (REIDLER; GÜNTHER, 2003).

Tem-se como vantagens a este tipo de bateria, maior densidade de energia e voltagem de operação similar a bateria de níquel-cádmio, proporcionando cerca de 30% a mais de capacidade. Além disso, possui vida útil longa, posto que são ausentes de cádmio e, praticamente, ausente de mercúrio. Pela inexistência de cádmio, esta seria menos impactante do que a de níquel-cádmio, mas devido a produção em grande escala, desenvolveu-se o problema de gerenciamento deste resíduo, em função do teor de níquel presente nesta bateria (REIDLER; GÜNTHER, 2003).

### 2.5.7 Baterias de lítio

Este modelo entrou no mercado em 1991, pela Sony Energytech Incorporation. As baterias de lítio possuem esta denominação pelo fato de que ao invés do lítio metálico, utiliza-se íons de lítio no eletrólito na forma de sais de lítio dissolvidos em solventes não aquosos. Geralmente se utiliza grafite no anodo e óxido de estrutura lamelar ( $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$  etc.) ou espinélio ( $\text{LiMnO}_2$ ) no catodo, posto que o mais utilizado é o óxido de cobalto litiado. Este desenvolvimento no mercado das baterias proporcionou vantagens significativas em relação ao desempenho e ao custo de produção (PESQUERO et al., 2008).

Além do bom desempenho e segurança ao consumidor, este tipo de bateria propicia vantagens em relação ao design e conforto ao usuário, pois são leves e menores que os modelos anteriores oferecidos no mercado. Com isso, nota-se que as baterias de Ni-MH e as de lítio são menos impactantes do que as de Ni-Cd (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).



## 2.6 Metais tóxicos e os impactos à saúde e ao meio ambiente

Na atualidade, a poluição elementar expandiu tornando-se uma substancial preocupação, tendo sido gerada devido a extensas atividades realizadas pela humanidade; mineração, industrialização e fabricação. Conquanto, a maior parte destes elementos são integrados do meio ambiente, na crosta terrestre naturalmente, todavia, essas atividades em proporções imoderadas levaram à sua dispersão ao meio ambiente. Em maior parte, os elementos descritos na tabela periódica são micronutrientes que proporcionam benefícios em inúmeras funções celulares, no entanto alguns são classificados como tóxicos, podendo causar graves sintomas prejudiciais à saúde (IYER; SENGUPTA; VELUMANI, 2015; VIEIRA et al., 2015).

Classifica-se como metais pesados os elementos químicos com densidade superior a  $5 \text{ g cm}^{-3}$ . Alguns destes metais pesados estão acessíveis à organismos e ecossistemas, sendo ferro (Fe), molibdênio (Mo), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e níquel (Ni) absorvidos como micronutrientes vitais às plantas. O vanádio (V), cobalto (Co) e cromo (Cr) não apresentam funções essenciais nas plantas, mas possuem relevância para algumas espécies vegetais. Em contrapartida, os metais pesados em níveis de elevada concentração tornam-se tóxicos, apesar disto existem metais como cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e urânio (U) que em baixas concentrações apresentam toxicidade (DUCIÉ; POLLE, 2005; SCHÜTZENDÜBEL; POLLE, 2002; VIEIRA et al., 2015; ZEMAN; RICH; ROSE, 2006)

O ingresso dos metais pesados na cadeia alimentar e sua bioacumulação potencializa os riscos ao meio ambiente e a saúde humana, danificando diversos órgãos; o nível da toxicidade está correlacionada a solubilidade, transporte, reações químicas com outros metais e absorção pelas células (BENAVIDES; GALLEGO; TOMARO, 2005; PANDEY; SHARMA, 2002; SCHÜTZENDÜBEL; POLLE, 2002)

### 2.6.1 Cádmio

O cádmio (Cd –  $6,3 \text{ g cm}^{-3}$ ) relativamente raro, possui toxicidade elevada não sendo crucial às plantas, sucedendo naturalmente na forma de impureza no minério de zinco. Pode ser encontrado em teor relativamente alto em locais nos quais aplicaram-se maciçamente herbicidas e fertilizantes (PEREIRA et al., 2002; SHAH et al., 2001; VIEIRA et al., 2015; VITÓRIA; LEA; AZEVEDO, 2001)

Embora de difícil quantificação, a atividade vulcânica denota-se a principal fonte de emissão de cádmio na atmosfera, 100 a 500 toneladas. Os lançamentos ocorrem durante eventos de erupção bem como durante períodos de baixa atividade vulcânica (CARDOSO; CHASIN, 2001; FRIBERG; ELINDER; KJELL, 1992)

Produtos industrializados contendo cádmio como pigmentos, plásticos, produtos

da metalurgia e galvanoplastia, pilhas, baterias, esmaltes, vidros, tintas, lâmpadas fluorescentes, resíduos de pneus, óleos combustíveis, lubrificantes, carvão mineral, fungicida e etc, tornam-se fontes de contaminação quando descartados incorretamente na natureza, concentrando-se no solo e nos sedimentos de sistemas aquáticos. Desta forma, seu acúmulo nos tecidos de espécies vegetais propicia maior risco de transferência à humanos e animais, mediante cadeia alimentar (HALL, 2002; PRASAD et al., 2001; VECCHIA et al., 2005; VIEIRA et al., 2015). A doença de Itaída causada pela ingestão de arroz poluído com cádmio, revelou os riscos à saúde ocupacional das populações expostas a regiões contaminadas (HAGINO; KONO, 1955).

No corpo humano as principais regiões afetadas por intoxicação a longo prazo são os rins, fígado, ossos, sistemas respiratórios e reprodutivos. Nos rins, possui uma semivida biológica entre 10 e 30 anos, a concentração na urina (UCd) está correlacionada a proporção presentes nos rins. Pode causar danos aos ossos de maneira direta danificando o tecido ósseo, e indiretamente devida à disfunção renal (JÄRUP; ÅKESSON, 2009). A gravidade é proporcional ao tempo e intensidade de exposição mediante ao caráter cumulativo do cádmio (CARDOSO; CHASIN, 2001; FRIBERG; ELINDER; KJELL, 1992)

Sintomas de irritação na garganta, tosse e edema de pulmão podem ser provenientes do contato imediato com altos teores de cádmio, com período de latência acima de 24 horas e ocasionar óbito após quatro a sete dias (CARDOSO; CHASIN, 2001; FERNANDES; MAINIERA, 2014).

### 2.6.2 Níquel

Sendo o 24º metal em maior abundância na crosta terrestre, o níquel (Ni – 8,5g  $cm^{-3}$ ), é dúctil e maleável, resistente à corrosão e oxidação pelo ar, água e agentes alcalinos, e na forma metálica é branco e prateado. Os principais compostos de níquel são óxido de níquel (NiO), hidróxido de níquel (NiOH), sulfato de níquel (Ni3S2) e cloreto de níquel (NiCl2). Os ácidos orgânicos fortes dos sais de níquel são solúveis em água, conquanto os sais de ácidos inorgânicos fracos são insolúveis (GONZALEZ, 2016).

Essencial micronutriente para o crescimento das plantas e presente nas cadeias de culturas primárias, alimentos e animais, o níquel tem muitas aplicações industriais, sendo o principal uso na produção de ligas, galvanoplastia, baterias (de Ni-Cd), produtos de petróleo, pigmentos e como catalizadores (DUARTE; PASQUAL, 2000; MCGRATH; SMITH, 1990; MOORE; RAMAMOORTHY, 1984).

Em refinarias e indústrias de processamento de níquel, trabalhadores observados demonstraram agravantes como bronquite crônica, diminuição da função pulmonar e câncer nos pulmões e seios nasais. Trabalhadores que acidentalmente ingeriram água contendo 250 ppm, concentração 100.000 vezes maior do que a identificada em água potável, de ní-

quel tiveram dor de estômago e alterações sanguíneas (aumento de glóbulos vermelhos) e renais (perda de proteínas na urina). A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), caracteriza como possível cancerígenos, Grupo 2B, aos seres humanos o níquel metálico e ligas. Os compostos de níquel, são classificados como fator cancerígeno Grupo 1 (CETESB, 2017).

### 2.6.3 Chumbo

Com densidade de  $11,34 \text{ g cm}^{-3}$ , o chumbo (Pb – 11,34  $\text{g cm}^{-3}$ ) é um metal pesado encontrado na natureza primordialmente como minério de chumbo (galena, PbS). Possui apenas uma única variedade alotrópica e baixo ponto de fusão, tendo como o mais amplo uso na fabricação de acumuladores (bateria chumbo-ácida), tintas, pigmentos e produtos químicos; adicionado à gasolina como aditivo antidetonante (BARROS, 2014; GUPTA; GUPTA; SHARMA, 2001; LEE, 1999; MEENA et al., 2005)

A remoção do chumbo de tintas, pigmentos, gasolina, produtos elétricos e eletrônicos e soldas apresenta-se como um dos esforços governamentais para reduzir a exposição humana (PIRKLE et al., 1994). Contudo, continua como uma das principais ameaças tóxicas impactando 18 a 22 milhões de pessoas. O padrão de intoxicação alterou de envenenamento clínico de altas doses para subclínico de baixa dose crônica (NEEDLEMAN, 2004; PIRKLE et al., 1994). Na contemporaneidade, 80 a 85% de chumbo refinado global é usado em baterias chumbo-ácida, que apesar da disponibilidade de novas tecnologias de baterias, estas ainda são maciçamente utilizadas devido à maturidade, custo, segurança e aplicabilidade (ANDREW MCCARTOR; DAN BECKER, 2010; ILZSG, 2014; LIU et al., 2016; MANSSON; BERGBACK; SORME, 2008; MAO; GRAEDEL, 2009)

Ao contrário de outros metais como ferro, zinco, cobalto, cromo, manganês e cobre, o chumbo em qualquer quantidade é insólito ao metabolismo humano; a partir de um teor com limiar superior a 10  $\text{g/dL}$  (de acordo com as diretrizes emitidas pelos Centers for Disease Control and Prevention - CDC), atua como uma neurotoxina na qual a presença em diversos tecidos causa alterações nas atividades metabólicas, decorrendo sinais e sintomas como saturnismo (que consiste em distúrbios no sistema nervoso central), tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, deficiência dos músculos extensores, etc (CDC, 2012; CORDEIRO; LIMA-FILHO; SALGADO, 1996; DASCANIO; Del Prette; RODRIGUES, 2016; FLORA; FLORA; SAXENA, 2006; IYER; SENGUPTA; VELUMANI, 2015; VIJ, 2009)

Sua toxicidade, quando aguda, caracteriza-se por sede intensa, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias, tendo sido classificado como causador de câncer em humanos pela United State Environmental Protection Agency. Ambos, sistema nervoso central e periférico são afetados, provocando degeneração progressiva em certas partes do cérebro sintomatizadas pela irritabilidade, dificuldade de atenção, dor de cabeça, perda

de memória, alucinações, etc. Documentou-se também como causador de anemia, tanto hemolítica como de Frank; nefropatia aguda e crônica (baixos níveis, 10 g/dL, e elevados níveis, 60 g/dL); doença cardíaca isquêmica; afetar a saúde reprodutiva (AYYAPPAN et al., 2005; BARROS, 2014; CORREIA et al., 2016; FLORA; GUPTA; TIWARI, 2012; GUPTA; GUPTA; SHARMA, 2001; MEENA et al., 2005; SINGH et al., 2011; WILLIAMS; JAMES; ROBERTS, 2000)

#### 2.6.4 Mercúrio

Em temperatura ambiente na sua forma elementar o mercúrio ( $\text{Hg} - 13, 456 \text{ g cm}^{-3}$ ) possui estado líquido, sendo sua densidade específica a  $20^\circ\text{C}$ , . Devido a alta toxicidade deste metal, reduziu-se a produção e consumo, substituindo-o na fabricação de baterias, instrumentos e outros campos de aplicação (SPERANSKAYA, 2008; WHO, 1990).

Denotam-se como principais fontes naturais de mercúrio a desgaseificação da crosta terrestre, as emissões dos vulcões e a evaporação de corpos naturais de água (WHO, 1990). Entretanto, os lançamentos industriais (tintas, pesticidas, produtos farmacêuticos, usinas de energia movidas a carvão, explosivos, etc.) contemplam uma grandeza maior do que de origens naturais; portanto é difícil avaliar a quantificação das contribuições relativas do mercúrio natural e antropogênico. A intensa migração no meio ambiente do mercúrio e seus compostos, é associada à sua alta volatilidade, persistência, atomização natural, amalgamação de metais preciosos, capacidade de existir em diferentes formas, solubilidade em água, capacidade de bioconcentração nos solos e vegetação (SPERANSKAYA, 2008).

Quando absorvido pelo corpo humano, o mercúrio, afeta particularmente os sistemas nervoso e excretores, gerando efeitos tóxicos agudos e crônicos. Quando inalado, a taxa de absorção é em torno de 80%, acumulando-se no sistema nervoso central, cérebro e rins (SPERANSKAYA, 2008).

O envenenamento crônico por mercúrio provoca lesões nervosas que se manifestam por: síndrome de tensão associada com tremor marcado por mercúrio (tremor de mãos, língua, pálpebras, tremor de pernas e todo o corpo); pulso irregular; taquicardia; excitação; distúrbios psíquicos; gengivite; apatia; instabilidade emocional (mercúrio neurastenia); dor de cabeça; tonturas; insônia; deficiências de memória (SPERANSKAYA, 2008).

Os efeitos agudos, como exposição ao vapor de mercúrio, são: bronquite aguda; bronquiolite; pneumonia; alterações no sangue e níveis elevados de mercúrio na urina; dermatite de contato; em casos extremos, destruição de pulmões. Em mulheres grávidas, a barreira placentária é atravessada pelo mercúrio e afeta os fetos (SPERANSKAYA, 2008).

### 2.6.5 Lítio

O lítio (Li), densidade específica de  $0,534g\text{ cm}^{-3}$ , é o mais leve de todos os metais. Comercializado e utilizado na forma de minério, como metal e compostos químicos; essas três formas abrangem Indústrias de cerâmica e vidros, produção de polímeros, produção de ligas, fabricação de graxas, farmacologia e produção de baterias elétricas (MARQUES, 1996).

Três fatores indicam a gravidade de uma intoxicação por lítio: sérica de lítio, a duração e a tolerância individual. Após doze horas da absorção de lítio, concentrações séricas de 1,2 a 1,5  $mmol/L$  podem caracterizar perigo, teores acima desse intervalo indicam risco de intoxicação. Os sintomas da intoxicação em seres humanos são: diarreia, vômitos, apatia, falta de energia, pernas fracas, sonolência, letargia, dificuldades em falar, tremores irregulares, fraqueza muscular, dores nos braços e nas pernas e ataxia. Apesar destes sintomas não sugerirem risco de vida, apontam a eminência de problemas mais graves. A intoxicação com nível superior a 2,5  $mmol/L$ , caracteriza-se por rigidez muscular, hiperatividade nos reflexos dos tendões e ataques epiléticos. Nestes casos deve-se proceder, para tratamento, a lavagem gástrica, diurese ou mesmo hemodiálise (LEAL; FERNANDES, 2002).

### 2.6.6 Manganês

Decorrendo da combinação entre substâncias como oxigênio, enxofre e cloro, o manganês (Mn) é um metal cinza claro com uma densidade específica de  $7,47g\text{ cm}^{-3}$ . O manganês inorgânico (retirado de rochas) é utilizado na fabricação de ligas metálicas, especialmente aços, em pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química, de couro e têxtil, e como fertilizante (CETESB, 2016). O permanganato de potássio é usado como oxidante para fins de limpeza, branqueamento e desinfecção. Um composto orgânico de manganês, Metilciclopentadienil Manganês Tricarbonil (MMT), é usado como agente de aumento de octano na gasolina sem chumbo no Canadá, Estados Unidos da América (EUA), Europa, Ásia e América do Sul. Outros compostos de manganês são utilizados em fertilizantes, vernizes e fungicidas e como suplementos de alimentação de gado (WHO, 2011). Os *greensands* de manganês são usados em alguns locais para tratamento de água potável. Também é utilizado em quantidades pequenas no medicamento mangafodipir trissódio (MnDPDP) como contraste na imagem por ressonância magnética (IRM) (CETESB, 2016).

Presente na atmosfera como partículas em suspensão, os compostos de manganês são oriundos de emissões industriais, erosão do solo, emissões vulcânicas e queima de gasolina contendo MMT. Em águas superficiais este elemento ocorre no aspecto dissolvido e suspenso, dependendo de fatores como pH, ânions presentes e potencial de oxidação e redução. As águas subterrâneas, anaeróbica, contém normalmente níveis elevados de man-

ganês dissolvido. A extensão da absorção do manganês pelo solo depende da capacidade de troca catiônica do solo e do teor orgânico. Nas cadeias alimentares, a biomagnificação não é significativa (WHO, 2011).

Em pequenas quantidades, o manganês é um nutriente essencial para diversos organismos vivos, com ênfase nos processos reprodutivos, manutenção da estrutura óssea e funcionamento do sistema nervoso. A fonte primacial de ingestão por seres humanos é por consumo de alimentos ou suplementos nutricionais contendo manganês, o metal apresenta baixa toxicidade após ingestão (CETESB, 2016).

Exposições crônicas ao manganês em ambientes ocupacionais, aerossóis e poeiras contendo altas concentrações do metal, podem causar tosse, náusea, cefaleia, fadiga, perda do apetite, insônia e inflamação nos pulmões que podem levar a pneumonia química. Exposições agudas podem resultar em efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos, como alucinações, instabilidade emocional, fraqueza, distúrbios de comportamento e da fala, que culminam em uma doença, semelhante ao Mal de Parkinson, denominada manganismo. Com a progressão da doença em função da dose, exposição e susceptibilidades individuais, tem-se alteração na expressão facial, tremores, ataxia, rigidez muscular e distúrbios de marcha (CETESB, 2016; WHO, 1999).

### 2.6.7 Zinco

Metal sólido brilhante branco-azulado com densidade específica de  $7,14g\ cm^{-3}$ , praticamente insolúvel em álcool e água, mas solúvel em ácidos diluídos, o zinco (Zn) tem como principais compostos: o óxido (ZnO), com aplicabilidade nas indústrias de cerâmica, borracha e tintas; o sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>), utilizado na indústria têxtil e no enriquecimento de solos pobres em zinco; o cloreto de zinco (ZnCl<sub>2</sub>) para preservar madeiras e em pilhas secas e tintas. Os demais compostos são empregados na fabricação de bloqueadores solares, desodorantes, preparações para tratamento de micoses, acne e xampu anticaxpa, pela indústria farmacêutica (CETESB, 2017; LEITE, 2008). O zinco também é utilizado no processo de galvanização do aço e ferro (ALKIMIN, 2016).

Em pequena porção, o zinco é um elemento necessário para os seres humanos. Sua deficiência pode causar falta de apetite, diminuição do paladar e olfato, doenças imunológicas, cicatrização lenta, retardo no crescimento e dermatite. Geralmente quando a deficiência em zinco é suprida, tais efeitos são reversíveis; sendo essencial para o desenvolvimento adequado de crianças. A ingestão em altas quantidades, quer por água ou suplementos nutricionais, pode afetar a saúde. A absorção aguda pode provocar cólicas estomacais, náuseas e vômitos. A ingestão crônica de altas doses pode causar anemia, danos ao pâncreas e diminuição do colesterol HDL. O *Food and Drug Administration* (FDA), instituição reguladora de alimentos e medicamentos nos Estados Unidos, não recomenda adição direta ao alimento de nenhum composto de zinco (CETESB, 2017).

## 3 METODOLOGIA

Nesse capítulo será apresentado a fonte e a relação dos dados analisados na pesquisa para aferir os impactos ambientais e à saúde decorrente do descarte inadequado das pilhas e baterias.

### 3.1 Análise comparativa

A caracterização do ciclo representativo do descarte de pilhas e baterias portáteis em Goiânia é representado por **10 etapas**, como ilustra a [Figura 2](#). Inicia-se pela população "**etapa 1**" que demanda uma produção de diversos artefatos, inclusive a geração de pilhas e baterias "**etapa 2**" para fornecer energia aos equipamentos consumidos pela população "**etapa 3**", mas a utilização das pilhas e baterias é por um determinado tempo, em função, da vida útil "**etapa 4**" da pilhas ou baterias.

A geração de resíduos sólidos "**etapa 5**" está relacionada com o consumo e a vida útil destes produtos, além do aumento da população está vinculado a geração de RSU no Brasil. Este vínculo é demonstrado nos dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.

No ano de 2012 a população urbana, 163.713.417 habitantes, gerou 201.058 toneladas diárias, sendo que, dispõe-se 58% em aterros sanitários, 24,2% em aterros controlados e 17,8% em lixões ([ABRELPE, 2012](#)). A população brasileira apresentou um crescimento de 0,8% entre 2014 e 2015 e o RSU um crescimento de 1,7% em relação ao ano anterior. Ainda em 2015, obteve-se 218.874 toneladas diárias, nas quais, 58,7% em aterros sanitários, 24,1% em aterros controlados e 17,2% em lixões ([ABRELPE, 2015](#)).

Em Goiás a população e a geração de RSU também aumentaram no ano de 2012. A população urbana, 5.572.288 habitantes, gerou 6.330 toneladas diárias de RSU; 29,1% destes resíduos foram dispostos em Aterros Sanitários, 50,8% em aterros controlados e 20,1% em lixões ([ABRELPE, 2012](#)). No ano de 2015, 6.610.681 habitantes, aferiu-se 6.790 toneladas diárias de RSU gerados; 45,3% destes resíduos foram dispostos em Aterros Sanitários, 30,9% em aterros controlados e 23,8% em lixões ([ABRELPE, 2015](#)).

Nota-se que a forma de destinação final dos RSU, em Goiás como nos demais estados do Brasil, está sendo Aterro Sanitário, Aterro Controlado e Lixão. Nas edições do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil demonstra a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva; enquanto, esta deveria ser a principal forma de destinação final dos RSU.

As publicações no período de 2012 a 2016 do Panorama dos Resíduos Sólidos

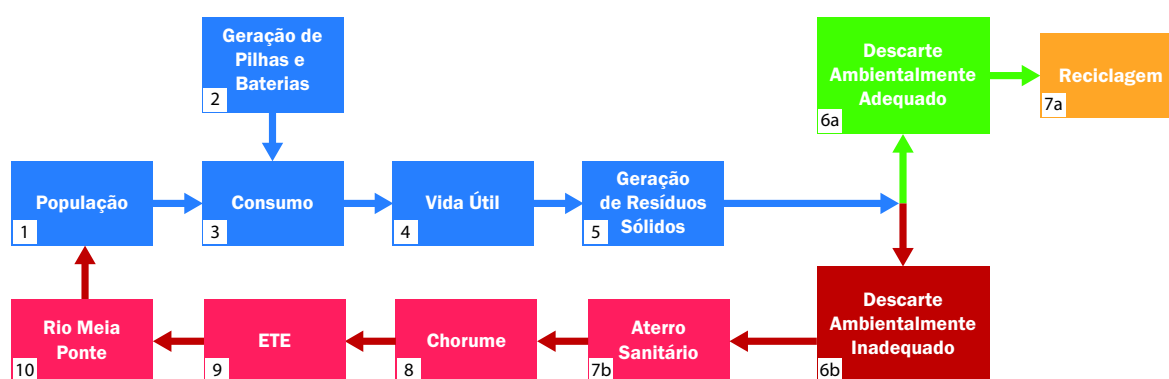


no Brasil, descrevem sobre a evolução do sistema de logística reversa das embalagens de agrotóxicos, embalagens de óleos lubrificantes e pneus, porém, a Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010 que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamenta as pilhas e baterias como um dos resíduos obrigados a estruturar e implementar o sistema de logística reversa. Contudo, evidencia-se neste trabalho a necessidade de atentar-se a reciclagem destes resíduos, pilhas e baterias. Devido a escassa fonte de dados sobre reciclagem de pilhas e baterias em Goiânia, associa-se proporcionalmente os dados do Brasil e em específico do estado de Goiás, ao descarte de pilhas e baterias em Goiânia.

Dado que, as pilhas e baterias possuem uma vida útil e depois de exauridas tornam-se um resíduo sólido, há duas formas de descarte, o ambientalmente adequado "**etapa 6a**" ou inadequado "**etapa 6b**"; no primeiro caso será destinada a reciclagem "**etapa 7a**" e no segundo ao Aterro Sanitário "**etapa 7b**".

Em Goiânia, as pilhas e baterias descartadas de forma ambientalmente adequada, são recebidas nos pontos fornecidos pelo Programa Abinee Recebe Pilhas (PARP); o sítio online do programa, informa a localização de 17 pontos para coleta. Entretanto, as descartadas no resíduo comum são encaminhadas ao Aterro Sanitário de Goiânia, no qual, transporta seu chorume "**etapa 8**" para a ETE Dr. Hélio Seixo de Britto "**etapa 9**" onde realiza-se o tratamento do chorume juntamente com o efluente, depois de passar pelo processo de tratamento primário avançado, o efluente é lançado no Rio Meia Ponte "**etapa 10**", importante curso de água no estado de Goiás.

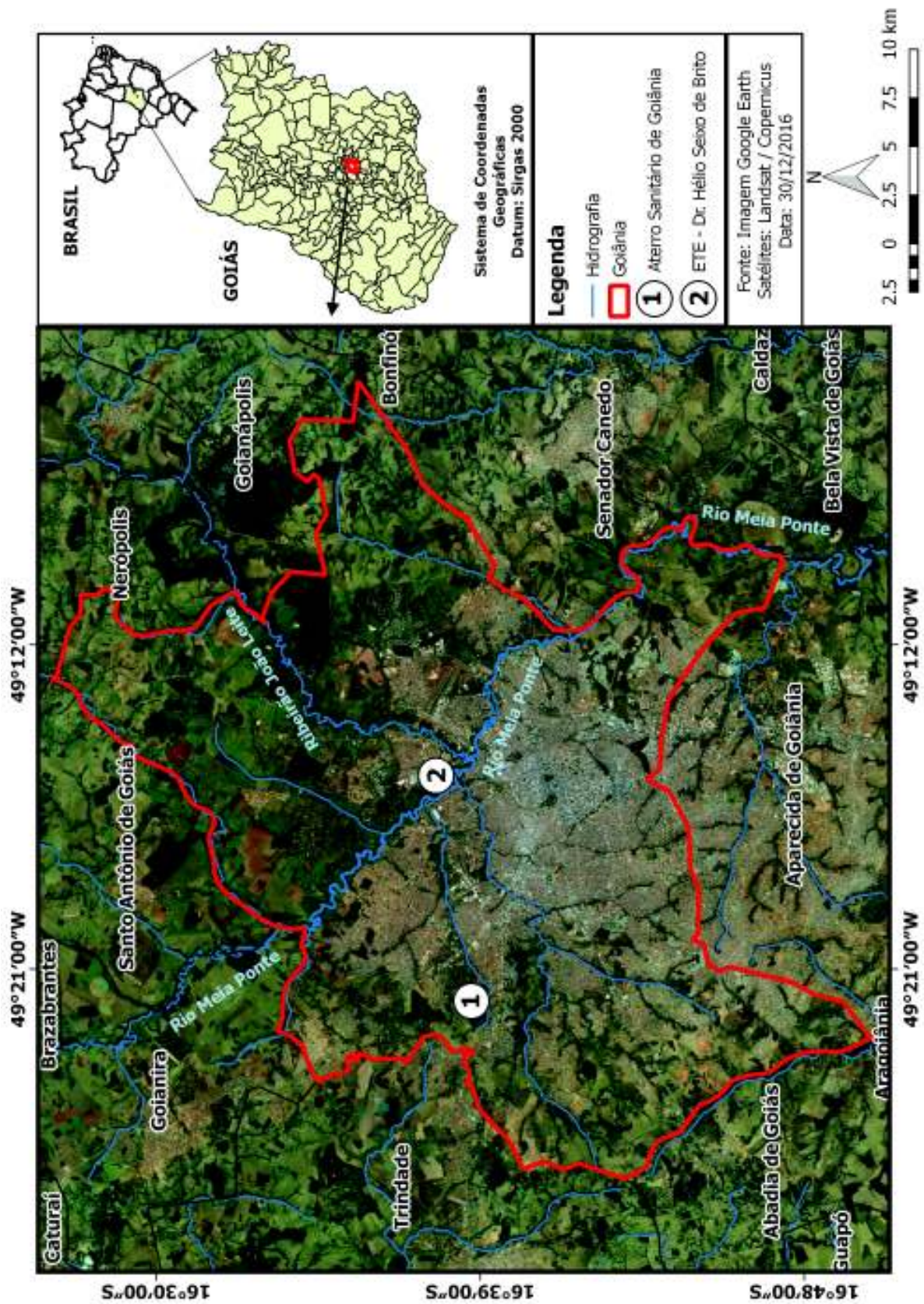
Figura 2 – Ciclo representativo do descarte de pilhas e baterias na cidade de Goiânia.



A Figura 3 apresenta a localização do município de Goiânia e seus confrontantes; Goianira, Santo Antônio de Goiás, Nerópolis, Goianápolis, Bonfinópolis, Senador Canedo, Caldazinha, Aparecida de Goiânia, Abadia de Goiás e Trindade. No município de Goiânia é destacado o Rio Meia Ponte, corpo receptor do efluente tratado da ETE, o ponto 1 e o ponto 2, representando respectivamente, o Aterro Sanitário de Goiânia e a ETE Dr. Hélio Seixo de Brito.

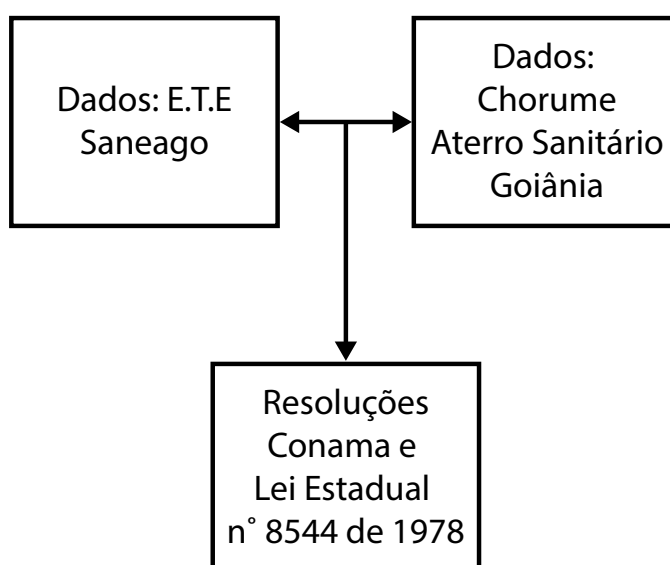


Figura 3 – Localização do Aterro Sanitário de Goiânia e da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito.



A ETE, recebe o chorume gerado pelo Aterro Sanitário de Goiânia e transporta os resíduos sólidos proveniente do processo de tratamento ao Aterro Sanitário de Goiânia, e por esta razão, analisar-se-á os teores de metais do lodo oriundo dos decantadores da ETE, do efluente final, a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE no Rio Meia Ponte, bem como, os teores de metais do chorume; tal relação é ilustrada na [Figura 4](#). As análises serão avaliadas em função dos padrões estabelecido pela Resolução Conama n°357 de 2005, Resolução Conama n°375 de 2006, Resolução Conama n°397 de 2008a, Resolução Conama n°430 de 2011, e a Legislação Estadual, Lei n°8544 de 1978.

Figura 4 – Relação das fontes de dados coletados.



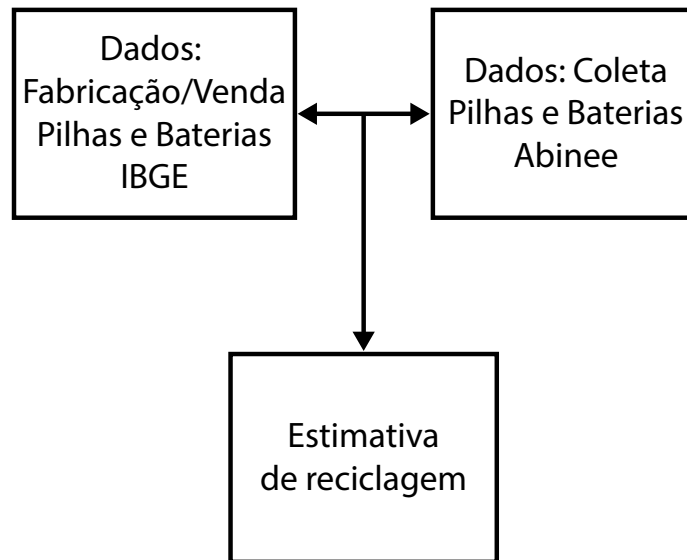
Desde 1998 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publica anualmente os resultados da Pesquisa Industrial Produto (PIA-Produto), na qual informa a produção na indústria brasileira, definidos de acordo com nomenclatura articulada com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas — CNAE e com a Nomenclatura Comum do Mercosul — NCM e fornece dados que serão abordados neste trabalho, como: partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, no Brasil (IBGE, 2017).

Os dados obtidos pelo IBGE serão relacionados com as coletas de pilhas e baterias recicladas no Brasil. Esta informação é proveniente do PARP, fundado em 2010 pelos fabricantes e importadores de pilhas e baterias portáteis, com o objetivo de receber estes resíduos e encaminhá-los a reciclagem. No sítio online da Abinee, disponibiliza-se a página do PARP, na qual, oferta-se a informação do peso total já coletado em kg, além da opção de selecionar o estado e a cidade para conhecer os pontos de coleta na cidade desejada (ABINEE, 2010).

Como demonstrado na [Figura 5](#), associará o peso de pilhas e baterias fabricadas

e vendidas no Brasil com o peso das mesmas recicladas pelo PARP. Assim, terá uma estimativa de quanto estão sendo destinadas de forma ambientalmente adequada.

Figura 5 – Associação entre a fabricação/venda e a reciclagem das pilhas e baterias portáteis.



Através do PIA-Produtos conseguiu-se o peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, no Brasil referente aos anos de 2010 a 2013. Devido ao período desta pesquisa ser de 2012 a 2016, realizou-se uma estimativa dos anos de 2014 a 2016 através da determinação da Taxa Média de Crescimento em Intervalos Regulares de Tempo conforme a [Equação 3.1](#) (FARRIS et al., 2010), na qual,  $f$  e  $i$  são valor final e inicial, respectivamente, e  $a$  é o número de anos.

$$Taxa\ de\ Crescimento = \left( \left( \frac{f}{i} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (3.1)$$

## 3.2 Coleta dos dados

Para acessar as análises do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia encaminhou-se um ofício a Companhia de Urbanização de Goiânia (Comurg) requisitando os teores de metais (cádmio, chumbo e mercúrio) do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia no estado bruto e tratado no período de 2005 a 2012.

Protocolou-se na Companhia Saneamento de Goiás S.A. (Saneago) um ofício solicitando o acesso das análises dos teores de metais (cádmio, chumbo e mercúrio) do lodo oriundo dos decantadores, do efluente final, a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto no Rio Meia Ponte e do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia, referente ao período 2012 a 2016.

A [Figura 6](#) demonstra os pontos **a**, **b**, **c**, **d** referenciando os locais onde são coletadas as amostras para realização das análises, citados na [Tabela 1](#). As descrições são: i) ponto **a**, lodo proveniente do decantador da ETE ii) ponto **b**, efluente final da ETE iii) ponto **c**, a montante do ponto de descarte do efluente da ETE no rio Meia Ponte iv) ponto **d** a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE no Rio Meia Ponte. Assim, tem-se as análises em função das etapas do tratamento primário avançado da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito e a comparação dos parâmetros antes e depois do lançamento do efluente tratado no Rio Meia Ponte.

Os dados coletados estão em unidade de medida  $mg/L$ . As análises foram realizadas pelos métodos determinados pelo *Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater* da APHA/AWWA. Dentre os parâmetros disponíveis, considerar-se-á o chumbo, cádmio e mercúrio, pois a Resolução Conama n°401, de 4 de novembro de 2008, estabelece o limite máximo destes parâmetros nas pilhas e baterias comercializadas em território nacional.

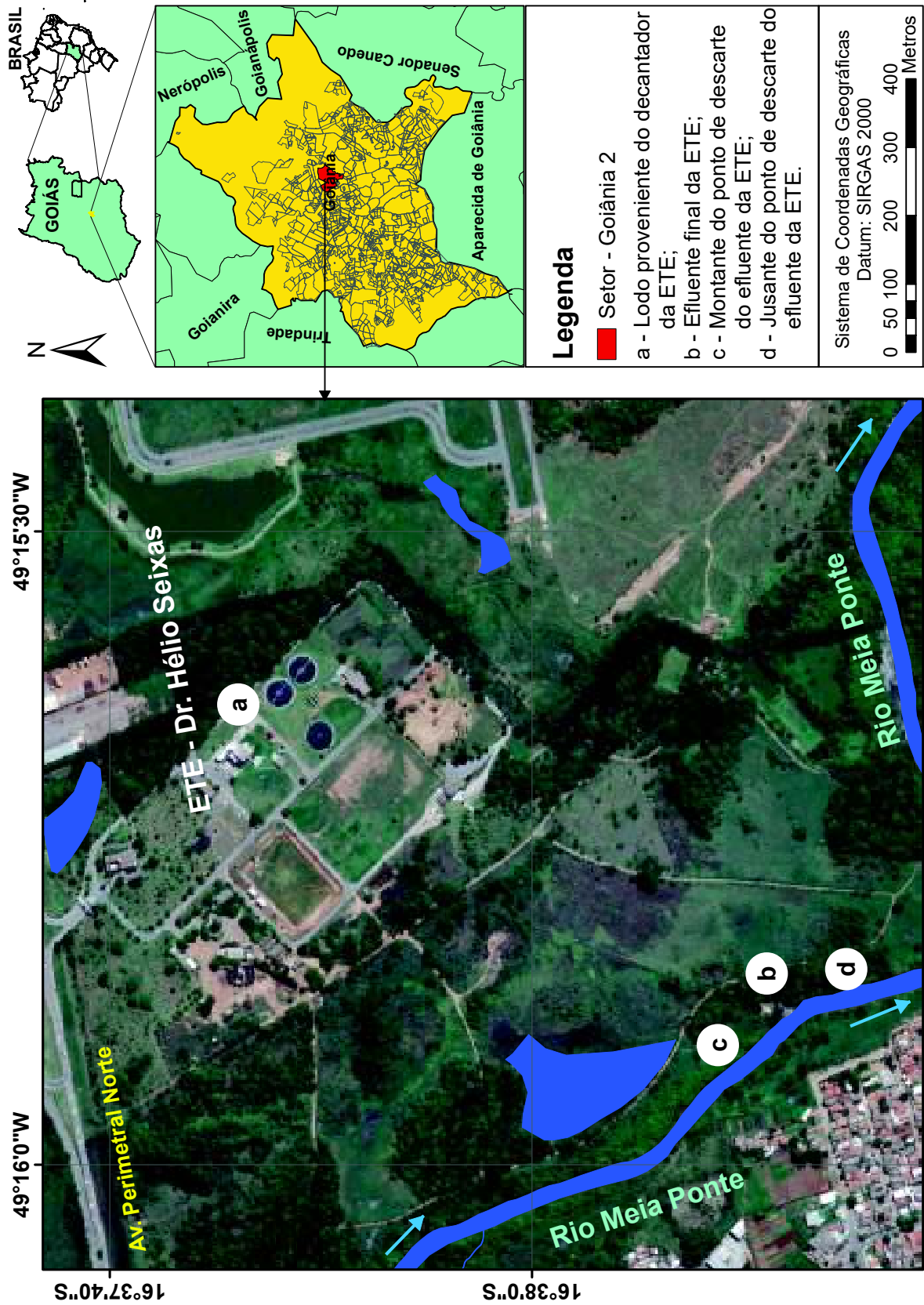
Visto que o PARP apresenta o peso de pilhas e baterias portáteis recicladas e o PIA-Produto expõe o peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, produzidas e vendidas no Brasil, avaliar-se-á a porcentagem destes resíduos que estão sendo destinados para reciclagem. A [Tabela 1](#), descreve todos os dados utilizados na pesquisa, para análise comparativa do período de 2012 a 2016.

Tabela 1 – Descrição dos dados utilizados

Coleta de Dados		
Dados	Unidade	Parâmetros
Lodo do decantador da ETE	$mg/kg$	Pb (chumbo) Cd (Cádmio) Hg (Mercúrio)
Efluente Final ETE	$mg/L$	Pb (chumbo) Cd (Cádmio) Hg (Mercúrio)
Montante e jusante da ETE	$mg/L$	Pb (chumbo) Cd (Cádmio) Hg (Mercúrio)
Chorume do Aterro Sanitário de Goiânia	$mg/L$	Pb (chumbo) Cd (Cádmio) Hg (Mercúrio)
PARP	$kg$	Peso
IBGE Fabricação de pilhas e baterias	$kg$	Peso



Figura 6 – Pontos de coleta do efluente para análises.



### 3.3 Situação do descarte de pilhas e baterias no Brasil

Para demonstrar a conhecimento da população em relação ao descarte ambientalmente adequado das pilhas e baterias, constituiu-se estudo de revisão integrativa com base no referencial teórico. Realizou-se a busca na base de dados Google Acadêmico, utilizando-se o seguinte descritor "Descarte inadequado de pilhas e baterias".

Efetuiu-se a pesquisa no mês de dezembro de 2017 e obteve-se 4400 resultados na base de dados em função do descritor inserido. Os trabalhos incluídos evidenciam a forma de destinação final das pilhas e baterias no Brasil, demonstrando o sistema de destinação final e logística reversa das pilhas e baterias em determinadas localidades.

Concentrou-se a pesquisa entre os anos de 2012 a 2016, no qual obteve-se 2400 resultados na base de dados. Todos foram analisados por meio dos títulos e seus resumos. Então, realizou-se uma análise e selecionou-se 2 artigos por ano, aferindo-os a uma leitura integral por se encaixarem nos critérios de inclusão estabelecidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aborda-se neste capítulo os resultados obtidos através dos parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio — estabelecidos pela legislação e resoluções pertinentes — em função das análises do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia e do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito. Além da estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas no Brasil e em Goiás. Por fim, tem-se um demonstrativo de pesquisas aplicadas em diversas regiões do país evidenciando a forma de descarte das pilhas e baterias nas respectivas localidades.

### 4.1 Análise comparativa

#### 4.1.1 Legislações

Em 1999 foi vigorada a Resolução Conama n°257 atribuindo diretrizes ao gerenciamento das pilhas e baterias. No art. 6° estabeleceu-se limites no teor de mercúrio, cádmio e chumbo a serem atendidos até 1° de janeiro de 2001. Além de restringirem as formas de destinação final no art. 8°, ficou-se proibido: o lançamento "in natura" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais; a queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados; o lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação. Com isso, os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes de pilhas e baterias ficaram obrigados, dentro de um prazo de 12 meses, a partir da vigência da resolução em questão, implantar mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento. Assim como, ficaram obrigados, dentro de um prazo de 24 meses, a partir da vigência da resolução em questão, implantarem sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final.

Definindo limites dos teores de mercúrio, cádmio e chumbo e prazo para atenderem o processo de gerenciamento, determinou-se a forma de disposição final para as pilhas e baterias, podendo serem dispostas no resíduo domiciliar, desde que atendessem aos limites previstos no artigo 6° e na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias, a resolução possibilita destinação final por destruição térmica, desde que cumpra as condições técnicas previstas na NBR - 11175 (ABNT, 1990), trata-se da Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos e Resolução Conama n°03, de 28 de junho de 1990 (estabelece padrões de qualidade do ar).

A Resolução Conama n°401, de 4 de novembro de 2008b revogou a Resolução Conama n°257 de 1999, mas permanece com os mesmos princípios estabelecendo a destinação

ambientalmente adequada de responsabilidade do fabricante ou importador. Esta define os teores de mercúrio, cádmio e chumbo em função do tipo de pilha e bateria, além de não permitir a disposição final em qualquer tipo de aterro sanitário, bem como a sua incineração e obrigam a informar na embalagem das pilhas e baterias a simbologia indicando a forma de destinação adequada, orientando sobre os riscos à saúde ao meio ambiente e a necessidade de encaminhar aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada.

Outros fatores importantes nesta resolução são, incentivo aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a promoverem campanhas de educação ambiental, informando sobre a responsabilidade pós-consumo, destacando a relevância da participação do consumidor e também proporcionar a capacitação dos recursos humanos envolvidos na cadeia desta atividade, como os catadores de resíduos. Adiante evidencia a obrigatoriedade de os estabelecimentos de venda comportar pontos de coleta apropriado.

A Resolução n°357, de 17 de março de 2005 classifica os corpos de água de acordo com a qualidade das águas doces, salobras e salinas, esta qualidade é definida por parâmetros com padrões estabelecidos em cada classe de água. Tais classes possuem usos mais ou menos preponderantes em função da sua qualidade. Em 2008a sancionou a Resolução n°397, esta altera alguns incisos do art. 34 da Resolução n°357 de 2005 sobre os padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução n°430, de 13 de maio de 2011 complementa e altera a Resolução n°357, de 17 de março de 2005, a modificação se consiste no capítulo das condições e padrões de lançamento de efluentes além de acrescentar uma seção para condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Em 1978, foi vigorada a Lei n°8.544 no estado de Goiás que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente, desta utilizou-se na pesquisa as seções que se tratam da proteção do meio ambiente, da poluição e classificação das águas, dos padrões de qualidade e de emissão de efluente.

As resoluções e legislação descritas abordam os teores de cádmio, chumbo e mercúrio aceitáveis nas pilhas e baterias e o limite destes parâmetros no efluente, chorume e corpos receptores; para finalizar tem-se a Resolução n°375, de 29 de agosto de 2006, que por sua vez, estabelece a concentração máxima destes parâmetros no lodo.

#### 4.1.2 Análises dos metais

Realizou-se um comparativo das análises laboratoriais fornecidas pela ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, nos pontos: lodo proveniente do decantador, efluente final, montante e jusante do ponto de descarte da ETE, com o valor máximo permitido (VMP) da legislação e resoluções pertinentes, os resultados estão apresentados na Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 com a descrição dos dados. Obteve-se também a análise da lagoa



anaeróbia e facultativa do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia referente ao ano de 2015, demonstrada na [Tabela 6](#) e [Tabela 7](#).

Tabela 2 – Análises do lodo proveniente do decantador da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.

Ano	Parâmetros	Resultados	V.M.P.	Unidade
		Lodo	CONAMA 375/2006	
2012	Cádmio	1	39	$\frac{mg}{kg}$
	Chumbo	13	300	
	Mercúrio	0,75	17	
2013	Cádmio	0,1	39	
	Chumbo	18,5	300	
	Mercúrio	1,06	17	
2014	Cádmio	0,1	39	
	Chumbo	15,5	300	
	Mercúrio	0,67	17	
2015	Cádmio	0,09	39	
	Chumbo	10,39	300	
	Mercúrio	1,11	17	
2016	Cádmio	0,26	39	
	Chumbo	19,73	300	
	Mercúrio	1,21	17	

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

Os dados referentes ao lodo apresentados na [Tabela 2](#) refere-se ao material removido do decantador primário da ETE, através da sedimentação dos sólidos suspensos sedimentáveis. Realizou-se análises e comparou-se os parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio em função na Resolução do Conama nº375/2006 que estabelece a concentração máxima destes parâmetros no lodo. Verifica-se que todos os parâmetros encontram-se dentro do VMP, nota-se uma tendência decrescente de 2012 a 2015 no cádmio, 1 mg/kg, 0,1 mg/kg, 0,1 mg/kg, 0,09 mg/kg, com um aumento no ano de 2016, 0,26 mg/kg. O parâmetro chumbo diminuiu-se a concentração de 2012 à 2015, com exceção de 2013, sendo respectivamente 13mg/kg, 18,5mg/kg, 15,5mg/kg e 10,39mg/kg. Em 2016, elevou-se para 29,8 mg/kg. O último parâmetro, mercúrio, variou no decorrer do período estudado, em 2012 - 0,75mg/kg, 2013 - 1,06mg/kg, 2014 - 0,67mg/kg, 2015 - 1,11mg/kg e 2016 - 1,21 mg/kg. O maior teor do cádmio foi em 2012, do chumbo em 2016 e do mercúrio também em 2016.

Depois que o efluente passa por todas as etapas do tratamento primário avançado da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, tem-se o efluente final que será lançado no corpo receptor. O resultado apresentado na [Tabela 3](#) do efluente final nos anos, 2012, 2013, 2015 e 2016 dos parâmetros, cádmio, chumbo e mercúrio são avaliados em função da Lei nº8544/1978 que estabelece os padrões de lançamento de efluentes no estado de Goiás e a Resolução Conama nº430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores no Brasil. Nota-se o teor, do parâmetro cádmio, constante

Tabela 3 – Análises do efluente final da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.

Ano	Parâmetros	Resultados	V.M.P.		Unidade
		Efluente Final	Lei 8544/1978	CONAMA 430/2011	
2012	Cádmio	0,001	0,20	0,20	$\frac{mg}{L}$
	Chumbo	0,001	0,50	0,50	
	Mercúrio	0,001	0,01	0,01	
2013	Cádmio	0,001	0,20	0,20	
	Chumbo	0,001	0,50	0,50	
	Mercúrio	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	
2014	Cádmio	ND	0,20	0,20	
	Chumbo	ND	0,50	0,50	
	Mercúrio	ND	0,01	0,01	
2015	Cádmio	0,002	0,20	0,20	
	Chumbo	0,001	0,50	0,50	
	Mercúrio	<b>0,013</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	
2016	Cádmio	0,0006	0,20	0,20	
	Chumbo	0,0001	0,50	0,50	
	Mercúrio	0,0011	0,01	0,01	

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

em 2012 e 2013, 0,001 mg/L; eleva-se para 0,002 mg/L em 2015 e decai a 0,0006 mg/L em 2016. Logo, o parâmetro chumbo se manteve a 0,001 mg/L em 2012, 2013 e 2015, e declinou em 2016 para 0,0001 mg/L. Por fim, o teor de mercúrio aumentou em 2012, 2013 e 2015, sendo, 0,001 mg/L, 0,01 mg/L, 0,013 mg/L e diminuiu para 0,0011 mg/L em 2016. O maior teor do cádmio ocorreu em 2015, o chumbo se manteve pelo período apresentado e o mercúrio sobreveio-se em 2015. Dentre os parâmetros, o mercúrio esteve no limite do VMP em 2013 e sobressaiu em 2015, pois o VMP é 0,01 mg/L e o resultado foi de 0,013 mg/L. Os demais parâmetros se mantiveram dentro do VMP.

A [Tabela 4](#) demonstra os resultados do ponto de coleta antes do lançamento do efluente da ETE no Rio Meia Ponte, ou seja, a montante. Com isso, obteve-se os dados de 2013 a 2015 dos parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio e analisou-se, em função da Lei nº8544/1978 do estado de Goiás e a Resolução Conama nº357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Consta o decréscimo do parâmetro cádmio no decorrer dos anos, estando, 0,0019 mg/L em 2013, 0,0006 mg/L em 2014 e 0,0003 mg/L em 2015. Ocorre a mesma propensão no parâmetro chumbo, tendo, 0,0063 mg/L em 2013, 0,0052 mg/L em 2014 e 0,0001 mg/L em 2015. Mas, o parâmetro mercúrio varia no decorrer do período, aferiu 0,0003 mg/L em 2013, 0,003 mg/L em 2014 e 0,0014 mg/L. Os anos com maiores teores dos parâmetros cádmio e chumbo foi em 2013 e 2014 para o mercúrio. Destaca-se em 2013, os parâmetros cádmio e mercúrio, pois o resultado do cádmio foi 0,0019 mg/L e o VMP pela Resolução Conama nº357/2005 é 0,001 mg/L; o mercúrio apresentou 0,0003 mg/L e o VMP pela

Tabela 4 – Análises a montante do ponto de descarte da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.

Ano	Parâmetros	Resultados Montante	V.M.P.		Unidade
			Lei 8544/1978	CONAMA 357/2005	
2012	Cádmio	ND	0,01	0,001	$\frac{mg}{L}$
	Chumbo	ND	0,05	0,01	
	Mercúrio	ND	0,002	0,0002	
2013	Cádmio	<b>0,0019</b>	0,01	<b>0,001</b>	
	Chumbo	0,0063	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0003</b>	0,002	<b>0,0002</b>	
2014	Cádmio	0,0006	0,01	0,001	
	Chumbo	0,0052	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0030</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0002</b>	
2015	Cádmio	0,0003	0,01	0,001	
	Chumbo	0,0001	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0014</b>	0,002	<b>0,0002</b>	
2016	Cádmio	ND	0,01	0,001	
	Chumbo	ND	0,05	0,01	
	Mercúrio	ND	0,002	0,0002	

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

Resolução Conama n°357/2005 é 0,0002 mg/L. Em 2014, o mercúrio resultou 0,003 mg/L, sendo o VMP pela Lei n°8544/1978, 0,002 mg/L e 0,0002 mg/L pela Resolução Conama n°357/2005, ultrapassando em ambas. No ano de 2015, o mercúrio foi 0,0014 mg/L e o VMP pela Resolução Conama n°357/2005 é 0,0002 mg/L.

Na Tabela 5 demonstra as análises de 2013 a 2015 dos parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio, à jusante (após) do ponto de descarte do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito. Assim como no ponto a montante, as análises foram avaliadas em função da Lei n°8544/1978 do estado de Goiás e a Resolução Conama n°357/2005. Houve uma tendência decrescente de 2013 a 2015 nos parâmetros cádmio (0,0014 mg/L; 0,0005 mg/L; 0,0004 mg/L) e chumbo (0,0061 mg/L; 0,0053 mg/L; 0,0001 mg/L). O mercúrio oscilou no decorrer deste período; 0,0008 mg/L; 0,0021 mg/L; 0,0011 mg/L. Em 2013, os parâmetros cádmio e mercúrio, assim como no ponto a montante, excederam o VMP. O cádmio resultou em 0,0014 mg/L e o VMP pela Resolução Conama n°357/2005 é 0,001 mg/L. O mercúrio apresentou 0,0008 mg/L e o VMP pela Resolução Conama n°357/2005 é 0,0002 mg/L. No ano de 2014, o mercúrio foi 0,0021 mg/L e o VMP pela Lei n°8544/1978 é 0,002 mg/L e o VMP pela Resolução Conama n°357/2005 é 0,0002 mg/L. No ano subsequente, o mercúrio esteve em 0,0011 mg/L e o VMP pela Resolução Conama n°357/2005 é 0,0002 mg/L.

Avaliando os parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito no Rio Meia Ponte, observa-

Tabela 5 – Análises a jusante do ponto de descarte da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.

Ano	Parâmetros	Resultados Jusante	V.M.P.		Unidade
			Lei 8544/1978	CONAMA 357/2005	
2012	Cádmio	ND	0,01	0,001	$\frac{mg}{L}$
	Chumbo	ND	0,05	0,01	
	Mercúrio	ND	0,002	0,0002	
2013	Cádmio	<b>0,0014</b>	0,01	<b>0,001</b>	
	Chumbo	0,0061	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0008</b>	0,002	<b>0,0002</b>	
2014	Cádmio	0,0005	0,01	0,001	
	Chumbo	0,0053	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0021</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0002</b>	
2015	Cádmio	0,0004	0,01	0,001	
	Chumbo	0,0001	0,05	0,01	
	Mercúrio	<b>0,0011</b>	0,002	<b>0,0002</b>	
2016	Cádmio	ND	0,01	0,001	
	Chumbo	ND	0,05	0,01	
	Mercúrio	ND	0,002	0,0002	

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

se que os VMP excedidos, foram nos mesmos anos e parâmetros. No ano de 2013, o cádmio a jusante diminuiu em relação ao montante e o mercúrio aumentou. Em 2014 e 2015, o mercúrio a jusante diminuiu com relação ao montante.

Recebeu o resultado da análise do ano de 2015 do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia, referente à lagoa anaeróbia e à lagoa facultativa, receptoras do chorume. Comparou-se os resultados em função da Resolução Conama nº397/2008a e da Resolução Conama nº430/2011.

A Tabela 6 apresenta a análise do chorume da lagoa anaeróbia do Aterro Sanitário de Goiânia de 2015. Os parâmetros disponibilizados, cádmio e chumbo estão dentro do VMP pela Resolução Conama nº397/2008a e da Resolução Conama nº430/2011.

Tabela 6 – Análise da lagoa anaeróbia do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia referente ao ano de 2015.

Ano	Parâmetros	Resultados Chorume Lagoa anaeróbia	V.M.P.		Unidade
			CONAMA 397/2008	CONAMA 430/2011	
2015	Cádmio	0,02	0,20		$\frac{mg}{L}$
	Chumbo	0,19	0,50		
	Mercúrio	ND	0,01		

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

Os parâmetros cádmio e chumbo do chorume da lagoa facultativa de 2015, prove-

Tabela 7 – Análise da lagoa facultativa do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia referente ao ano de 2015.

Ano	Parâmetros	Resultados Chorume Lagoa facultativa	V.M.P.	Unidade
			CONAMA 397/2008 CONAMA 430/2011	
2015	Cádmio	0,024	0,20	$\frac{mg}{L}$
	Chumbo	0,22	0,50	
	Mercúrio	ND	0,01	

Legenda: V.M.P. – Valor Máximo Permitido. ND – Não Determinado.

niente do Aterro Sanitário de Goiânia, apresentada pela [Tabela 7](#) também se encontram dentro do VMP pela Resolução Conama n°397/2008a e da Resolução Conama n°430/2011.

As análises dos pontos de coleta avaliados encontram-se, em sua maioria, dentro do VMP estabelecidos pela legislação e resoluções pertinentes. Mas, é preciso se atentar que a área na qual atualmente é o Aterro Sanitário de Goiânia, começou a ser utilizada como disposição de RSU em 1983 (COMURG, 2016); à presente data deste trabalho, 35 anos de recepção dos RSU. As pilhas e baterias levam cerca de 100 anos (SCDNR, 2017; GRIPPI, 2006) para se decomporem, portanto, conduz a problemática de que as pilhas e baterias estão em processo de decomposição e os teores de tais parâmetros tendem a se elevar no decorrer dos anos. Diante do exposto do potencial tóxico dos metais presentes nestes resíduos e os impactos a saúde e ao meio ambiente, da comunidade e ecossistema, a jusante do ponto de descarte do efluente contido chorume no Rio Meia Ponte é fundamental o monitoramento através de análise dos metais para acompanhamento dos teores e devido tratamento, em função da concentração destes parâmetros no chorume.

#### 4.1.3 Correlação entre as pilhas e baterias vendidas e recicladas

O PARP, iniciou-se em novembro do ano de 2010, e expõe no sítio online o peso total de pilhas e baterias coletadas no Brasil desde o seu início. Então, no dia 8 de dezembro de 2017 o sítio descrevia um total de 12.637.584,5 kg. Tal peso é referente a 2595 dias de programa, no qual, dividindo o peso pela quantidade de dias tem-se a média estimada de coleta diária, 4.869,9747 kg/dia. Para análise comparativa, utilizou-se esta aferição para estimar o peso de pilhas e baterias coletadas e recicladas no Brasil no período de 2012 a 2016; 8.897.443,78 kg, conforme representado pela [Tabela 8](#).

Tabela 8 – Estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas entre 2012 a 2016 no Brasil.

Período	Dias	Coleta	Estimativa
11/2010 - 12/2017	2595	12.637.584,50	$\frac{12.637.584,50}{2595} = 4.869,9747kg/dia$
2012 - 2016	1827	A determinar	$4869,97 \cdot 1827 = 8.897.443,78kg$

No dia 15 de junho de 2016 o PARP informou o peso total 3.678,09 kg coletado do estado de Goiás, desde o seu início, nos 19 pontos de coleta. Tal período corresponde a 2054 dias, proporcionando uma média de 1,7906 kg/dia. Considerando o período de 2012 a 2016, 1827 dias, tem-se aproximação média de 3.271,4262 kg, dados estes demonstrados pela Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa da quantidade de pilhas e baterias recicladas entre 2012 a 2016 em Goiás.

Período	Dias	Coleta	Estimativa
01/11/2010 - 15/06/2016	2054	3.678,09kg	$\frac{3.678,09}{2054} = 1,7906kg/dia$
2012 - 2016	1827	A determinar	$1,7906 \cdot 1827 = 3.271,4262kg$

Tem-se o peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, no Brasil referente ao período de 2010 a 2013, obtidos através do PIA- Produto e apresentado na Tabela 10. Os anos de 2014 a 2016, determinou-se através da Taxa Média de Crescimento em Intervalos Regulares de Tempo (rever Equação 3.1), conforme segue:

$$Taxa\ de\ Crescimento = \left( \left( \frac{2.310.274}{769758} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right) \cdot 100 = 31,62\%$$

Tabela 10 – Peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, exceto para veículos, no Brasil, de 2010 a 2013.

Ano	Peso (kg)
2010	769.758,00
2011	1.413.191,00
2012	2.422.274,00
2013	2.310.274,00

Com a Taxa Média de Crescimento em Intervalos Regulares de Tempo, estimou-se o peso das partes e peças para pilhas, baterias ou acumuladores elétricos, referente aos anos de 2014 a 2016 apresentados na Tabela 11. Assim, tem-se os dados da pesquisa de 2012 a 2016.

Tabela 11 – Peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas no Brasil entre 2012 a 2016.

Ano	Taxa de Crescimento	Peso (kg)
2012		2.422.274,00
2013		2.310.274,00
2014	31,62%	3.040.782,64
2015		3.771.291,28
2016		4.501.799,92

Para estimar o percentual de pilhas e baterias recicladas no Brasil, comparou-se os pesos de pilhas e baterias fabricadas e vendidas no período de 2012 a 2016 em relação as

que obtiveram como destinação final a reciclagem neste mesmo período, assim subtraiu-se o peso fabricado e vendido pelo peso reciclado e determinou-se o percentual representativo da reciclagem, como demonstrado na [Tabela 12](#).

Tabela 12 – Estimativa de pilhas e baterias recicladas no Brasil entre 2012 a 2016.

<b>Período</b>	<b>Fabricado (kg)</b>	<b>Reciclado (kg)</b>	<b>Diferença (kg)</b>	<b>Percentual</b>
2012-2016	16.046.421,84	8.897.443,78	7.148.978,06	55,45%

Reciclou-se no Brasil cerca de 55,45% das pilhas e baterias no período de 2012 a 2016. Posto que, fabricou e vendeu 16.046.421,84 kg e reciclou 8.897.443,78 kg. Atentando-se ao peso de pilhas e baterias que não foram recicladas, são 7.148.978,06 kg, um peso significativo sendo descartado de forma ambientalmente inadequada. As pilhas e baterias dispostas no resíduo comum são, conseqüentemente, encaminhadas ao Aterro Sanitário, Aterro Controlado ou Lixão.

Para estimar o peso de pilhas e baterias fabricadas e vendidas em Goiás, efetuou-se uma correlação em função da população do Brasil em relação a de Goiás, sendo que, segundo o Censo 2010 do IBGE, a população do Brasil é de 190.755.799 pessoas e também no IBGE, o Brasil em síntese, demonstra que a população de Goiás no último Censo (2010) é de 6.003.788 pessoas. Com isso, obteve-se o peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas em Goiás no período de 2012 a 2016, como apresentado na [Tabela 13](#).

Tabela 13 – Peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas em Goiás entre 2012 a 2016.

<b>Período</b>	<b>Brasil</b>		<b>Goiás</b>	
	<b>Fabricado (kg)</b>	<b>População</b>	<b>Fabricado (kg)</b>	<b>População</b>
2012-2016	16.046.421,83	190.755.799	505.040,03	6.003.788

Com o peso estimado de pilhas e baterias fabricadas e vendidas em Goiás e o peso das mesmas recicladas, obteve-se o percentual de pilhas e baterias recicladas em Goiás no período de 2012 a 2016, apresentado na [Tabela 14](#).

Tabela 14 – Percentual de pilhas e baterias recicladas em Goiás entre 2012 a 2016.

<b>Período</b>	<b>Fabricado (kg)</b>	<b>Reciclado (kg)</b>	<b>Diferença (kg)</b>	<b>Percentual</b>
2012-2016	505.040,03	3.271,43	501.768,61	0,65%

No estado de Goiás, fabricou-se e vendeu-se cerca de 505.040,03 kg de pilhas e baterias no período de 2012 a 2016. Neste mesmo período, reciclou-se cerca de 3.271,43 kg destes resíduos, tendo cerca de 501.768,61 kg não reciclados. Esta diferença do peso de pilhas e baterias, fabricadas e vendidas, em relação ao reciclado, gera o percentual médio de 0,65% de pilhas e baterias recicladas. Com isso, tem-se 99,35% das pilhas e baterias sendo descartadas no resíduo comum.



Trazendo esta realidade para a cidade de Goiânia, as pilhas e baterias descartas no resíduo comum, são encaminhadas ao Aterro Sanitário de Goiânia; os resíduos contidos neste aterro geram chorume. Este chorume é encaminhado para ser tratado juntamente com efluente na ETE Dr. Hélio Seixo de Brito. A ETE possui um tratamento primário avançado, este tratamento remove: os sólidos no gradeamento; a areia processo de desarenação; e o processo de coagulação e floculação forma os flocos gerados pela adição do coagulante e polímero, formando o lodo. Com isso, há duas opções da presença dos metais potencialmente tóxicos; lodo ou no efluente final.

O lodo pode ser utilizado na recuperação de áreas degradadas ou voltar para o Aterro Sanitário de Goiânia. No primeiro caso, irá acumular os metais potencialmente tóxicos no solo. No segundo irá acumular no aterro, gerando um ciclo de acúmulo de toxicidade.

Os metais potencialmente tóxicos presentes no efluente final, serão lançados no Rio Meia Ponte. Assim, as cidades e zonas rurais a jusante do ponto de descarte do efluente final, da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, receberão tal impacto, atingindo a saúde das pessoas que consomem alimentos irrigados por água contaminada e/ou ingerem a água deste rio e ao meio ambiente pelo desequilíbrio natural.

## 4.2 Situação do descarte de pilhas e baterias no Brasil

Para evidenciar a forma de descarte de pilhas e baterias pela população do Brasil, descreveu-se os resultados de algumas pesquisas em diversas regiões do país, na [Tabela 15](#) apresenta-se informações referente aos trabalhos selecionados, são estes: autor (es), local de publicação, cidade (local do estudo), ano de publicação e base de dados indexada.

Um estudo de 2012, realizado em Goiânia - GO em dois centros de comércio popular, sendo um local público (Centro A) e outro privado (Centro B) aplicou o questionário aos lojistas e apresentou que 100% dos entrevistados sabem dos riscos à saúde e ao meio ambiente proveniente do descarte inadequado de pilhas e baterias e sabem que as baterias têm substâncias tóxicas e 91,66% do Centro A e 96,56% no Centro B não participaram de curso/treinamento sobre logística reversa; além de 62,50% dos entrevistados no Centro A não recebe a bateria dos clientes e 35,30% no Centro B; em relação a entrega pelos clientes, 20% do Centro A e 36% do Centro B devolvem as baterias aos estabelecimentos ([BORGES, 2012](#)).

Outra pesquisa realizada no centro de Santa Cruz do Sul -RS aplicou um questionário nas empresas que comercializam pilhas e baterias, o resultado demonstrou que 44,4% das empresas descartam as pilhas e baterias no lixo comum e 22,2% guardam estes resíduos, enquanto 33,3% utilizam outras formas de descarte, como postos de coleta ([SANTOS; MARQUES, 2012](#)).



Tabela 15 – Descrição dos estudos inclusos na pesquisa.

Nº	Autor (es)	Publicado	Cidade	Ano	Base de dados
1	Borges	Biblioteca Digital da PUC Goiás	Goiânia - GO	2012	Google Acadêmico
2	Santos, et al.	Revista da Faculdade Dom Alberto	Santa Cruz do Sul - RS	2012	
3	Santos, et al.	Biblioteca Digital UFMA	São Luiz - MA	2013	
4	Kemerich, et al.	Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET/UFS)	Frederico Westphalen - RS	2013	
5	Oliveira, et al.	Biblioteca Digital do IFF	Campos dos Goytacazes - RJ	2014	
6	Melo, et al.	ROCA	Medianeira - PR	2014	
7	Barreto, et al.	Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego	Campos dos Goytacazes - RJ	2015	
8	Lyrio, et al.	REGET/UFSM	Capitais do ES, MG e RJ	2015	
9	Bezerra, et al.	ConGeA	Itabaiana PB	2016	
10	Aquino, et al.	9FIRS	Porto Alegre - RS	2016	

Ainda na pesquisa do município de Santa Cruz do Sul, 82,2% das empresas desconhecem a PNRS, 64% não tem conhecimento sobre o termo Logística Reversa e 55% não conhecem e não ouviram falar sobre empresas especializadas no recolhimento de pilhas e baterias (SANTOS; MARQUES, 2012).

Na cidade de São Luiz - MA também foi realizada uma pesquisa, esta nos estabelecimentos que comercializam pilhas, baterias de celulares e automotivas, ocorreu que 79 estabelecimentos recusaram responder o questionário. Dos entrevistados, constatou-se que 48% desconhecem a composição das pilhas e baterias comercializadas; em relação ao serviço de coleta destes resíduos, 95,3% não realizam a coleta das pilhas e 96,4% também não realizam a coleta das baterias de celulares; sobre as legislações em âmbito nacional

e estadual 81% não tem conhecimento; quanto a destinação das pilhas e baterias de celulares, 100% destinam no lixo doméstico e 85% declararam desconhecerem os riscos a saúde e ao meio ambiente decorrente do descarte inadequado de pilhas e baterias; além do que 100% dos entrevistados nunca receberam fiscalização por órgãos competentes e treinamentos/cursos relacionados ao descarte de pilhas e baterias (SANTOS; NUNES, 2013).

No município de Frederico Westphalen - RS, 82% dos entrevistados descartam as pilhas e baterias no lixo doméstico; 90% sabem sobre a toxicidade destes resíduos a saúde e ao meio ambiente; 63% não sabiam da possibilidade da reciclagem das pilhas e baterias; 71% não conhecem os pontos de coleta na cidade (KEMERICH et al., 2013).

Outro estudo realizado, aplicou-se aos alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Nilo Fernandes Pereira (EENFP), situada em Dores de Macabu, e do IF Fluminense, campus Campos-Centro demonstrou que, na EENFP 62% dos entrevistados descartam pilhas e baterias no lixo doméstico, 28% guardam em casa e 10% as depositam em postos de coleta; no IF Fluminense, 40% dos alunos entrevistados também descartam no lixo doméstico, 46% deixam guardadas em casa e 14% depositam em postos de coleta. Quanto a consciência dos entrevistados em função dos riscos ao meio ambiente, 86% dos entrevistados da EENFP declararam ter ouvido falar sobre o assunto e 100% dos entrevistados do IF Fluminense também declararam o mesmo (OLIVEIRA; ARAUJO, 2014).

Na escola Catharina Sinotti, em Medianeira-PR, aplicou-se o questionário aos alunos do 4º ano do ensino fundamental, constatou-se que 25% dos alunos entrevistados descartam as pilhas e baterias no lixo doméstico, 36% levam até a escola e 39% descartam em outro ponto de coleta específico. Sendo que, 97% dos alunos entrevistados relataram envolvimento através de projetos de educação ambiental na escola (MELO; FRIEDRICH, 2014).

A seguinte pesquisa realizou-se no município de Campos dos Goytacazes - RJ, nos bairros Calabouço, Jardim Carioca e Parque Guarus, resultou-se que 51,29% dos entrevistados declararam terem conhecimento sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias; no âmbito do descarte, 71,1% descartam no lixo doméstico, 11,03% guardam e 17,85% destinam através da coleta seletiva; 92,53% afirmaram não conhecerem ponto de coleta de pilhas e baterias de celular; dado que 89,61% dos participantes afirmaram estarem dispostos a receberem informações sobre pontos de coleta e participarem de programas de conscientização (BARRETO et al., 2015).

Os questionários aplicados em pontos de ônibus de três capitais da Região Sudeste do Brasil, Belo Horizonte/MG, Vitória/ES e Rio de Janeiro/RJ, apresentou que, em Belo Horizonte 64% dos entrevistados destinam as pilhas e baterias no lixo doméstico, no Rio de Janeiro 56% e em Vitória 46%; sobre ponto de coleta, 51% dos entrevistados de Belo Horizonte não conhecem nenhum ponto, 42% no Rio de Janeiro também não conhecem e

38% em Vitória (LYRIO; CHAVES, 2015).

No município de Itabaiana - PB aplicou-se um questionário e 84% dos entrevistados descartam as pilhas e baterias no lixo doméstico; 80,4% conhecem os riscos causados pelo descarte inadequado das pilhas e baterias; 72,5% afirmam terem conhecimento de que estes resíduos não devem serem descartados no lixo doméstico (BEZERRA et al., 2016).

A pesquisa no centro do município Paulista - PE demonstrou que 77,9% dos entrevistados descartam as pilhas e baterias no lixo doméstico; 62,7% afirmam saberem sobre a presença de substâncias tóxicas na composição destes resíduos (AQUINO et al., 2016).

A amostra destes estudos demonstram que a população compreende os impactos ao meio ambiente e a saúde decorrentes do descarte inadequado das pilhas e baterias. Ainda assim, o maior percentual de destinação final das pilhas e baterias é no resíduo comum. Isso nos leva a repensar a forma de educação ambiental aplicada atualmente, pois os resultados, são críticos.

A pesquisa aplicada na escola Catharina Sinotti, em Medianeira-PR, apresentou resultados diferenciados (MELO; FRIEDRICH, 2014). Ressaltando a importância das campanhas de educação ambiental nas escolas e a presença de pontos de coletas nestes locais, pois assim, a expansão deste hábito abrange toda a família dos alunos e funcionários. O mesmo pode ocorrer em órgãos públicos e empresas privadas, se propagar os pontos de coleta e a educação ambiental nos ambientes de trabalho e estudo, pode-se elevar significativamente os percentuais de pilhas e baterias recicladas no Brasil.

O PARP além de fornecer os pontos de coletas no sítio online, torna possível a geração de novos pontos de coleta ou encaminhamento destes resíduos até tais pontos. Os requisitos para este processo é apresentado pela Cartilha Informativa do PARP (PARP, 2010, p. 5):

Solicitações de coleta vindas de instituições ou iniciativas de terceiros, que não façam parte das empresas que financiam o Programa, serão realizadas de modo gratuito desde que atendidas as três condicionantes abaixo:

- O ponto solicitante da coleta seja uma instituição pública de ensino, associação parceira do Programa, ou ONGs (cuja atividade não seja gerenciar resíduos); - O ponto seja localizado em capital brasileira ou cidades situadas a uma distância de até 50 km da capital; - Tenham no mínimo 30 kg e no máximo 250 kg, de pilhas e baterias devidamente armazenadas.

Empresas privadas e grandes geradores, que desejem utilizar o Programa como forma de destinação final das pilhas e baterias geradas em suas próprias atividades, ou em campanhas voluntárias que realizem, têm a opção de fazê-lo por meio de uma das seguintes opções:

a) Encaminhar pilhas e baterias até um ponto cadastrado no site (em caso de quantidades menores que 10 kg); b) arcar com o custo do transporte até o centro de consolidação do Programa, localizado em São José dos Campos/SP. Este transporte pode ser realizado pelo:

- Transportador contratado pela própria empresa; - Operador Logístico do Programa ABINEE Recebe Pilhas; - Serviço de entrega dos Correios.

Em todos estes casos, as empresas participantes do Programa ABINEE Recebe Pilhas, arcam com o custo da destinação final ambientalmente adequada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o aumento do descarte ambientalmente inadequado de pilhas e baterias estimado pela elevação da geração de RSU e a prevalência da disposição de RSU em Aterros Sanitários, Aterros Controlados e Lixões, descreveu-se os constituintes das pilhas e baterias portáteis, dentre suas variedades, caracterizando o potencial tóxico a saúde e ao meio ambiente. Apresentou-se uma amostra da forma de descarte pela população através de pesquisas já realizadas no país e o resultado destes estudos são desfavoráveis.

Avaliou-se as análises do chorume do Aterro Sanitário de Goiânia, do lodo oriundo do decantador primário da ETE, do efluente final, a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito no Rio Meia Ponte. Através das análises de 2012 a 2016, nota-se, em sua maioria os parâmetros cádmio, chumbo e mercúrio dentro do VMP pela legislação e resoluções pertinentes. Contudo, estes dados evidenciam a importância do monitoramento, dado que, a área do Aterro Sanitário de Goiânia recebe RSU desde 1983; à presente data deste trabalho, 35 anos de recepção de RSU, e as pilhas e baterias decompõem-se em torno de 100 anos. Constata-se, que estes resíduos estão em processo de decomposição e os teores destes parâmetros tendem a se elevar no decorrer dos anos, com isso, dispõe-se a relevância do acompanhamento, através de análise dos metais potencialmente tóxicos para o devido tratamento, em função da concentração destes parâmetros no chorume.

Sabendo que o descarte inadequado de pilhas e baterias libera substâncias tóxicas como, cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), níquel (Ni), lítio (Li), zinco (Zn) e manganês (Mn), afetando diretamente a saúde e ao meio ambiente, através da contaminação do meio biótico e abiótico, a Resolução Conama nº401, de 4 de novembro de 2008 deveria estabelecer limite de teores em todos os componentes potencialmente tóxicos e exigir que todas pilhas e baterias fossem destinadas a reciclagem, extinguindo a possibilidade de disposição em aterros sanitários.

Outro fator preocupante são as estimativas de reciclagem de pilhas e baterias, no período de 2012 a 2016, no Brasil e no estado de Goiás, sendo, 55,45% e 0,65%, respectivamente. As pesquisas com aplicação de questionários, demonstram que a população compreende os impactos ao meio ambiente e a saúde decorrentes do descarte inadequado das pilhas e baterias, ainda assim, descartam no resíduo comum.

É fundamental implantar medidas ambientalmente adequadas e economicamente viáveis através da educação ambiental nas escolas, empresas públicas e privadas para solucionar a problemática do descarte de pilhas e baterias. Pois, como apresentado, existe pontos de coleta para reciclagem destes resíduos, mas a população precisa destinar as

pilhas e baterias nos coletores e não no resíduo comum. É uma mudança no cotidiano que no decorrer desta prática tornará-se habitual.

# REFERÊNCIAS

- ABINEE. *Programa Abinee Recebe Pilhas*. 2010. Disponível em: <<http://www.gmcons.com.br/gmclog/admin/VisualizarPostosMapaCliente.aspx>>. Citado na página 21.
- ABNT. *NBR 7039 Pilhas e acumuladores elétricos*. Rio de Janeiro - RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. 1–8 p. Citado na página 7.
- ABNT. *NBR 11175 Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho*. Rio de Janeiro - RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990. 1–5 p. Citado na página 26.
- ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010*. 2010. 41–49 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2010.pdf>>. Citado na página 5.
- ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012*. 2012. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Citado na página 18.
- ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015*. São Paulo: [s.n.], 2015. 1–92 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 18.
- ALKIMIN, G. D. D. *Toxicidade de Cádmio e Zinco em Danio Rerio: Comparação entre valores permitidos em legislação para proteção da vida aquática e a potencial atuação como interferentes endócrinos*. 31–68 p. Tese (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho- UNESP, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138031/alkimin\\_gd\\_me\\_soro.pdf?sequence=3&isAllowed=yhttps://repositorio.unesp.br/handle/11449/138031](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138031/alkimin_gd_me_soro.pdf?sequence=3&isAllowed=yhttps://repositorio.unesp.br/handle/11449/138031)>. Citado na página 17.
- ANDREW MCCARTOR, J.; DAN BECKER, B. World's Worst Pollution Problems Report 2010. *Blacksm. Institute's*, p. 6–76, 2010. Citado na página 14.
- AQUINO, J. G. de et al. Formas de descarte de pilhas e baterias usadas. 9 *Fórum Int. Resíduos Sólidos*, Porto Alegre - RS, p. 1–11, jun 2016. Disponível em: <[http://www.firs.institutoventuri.org.br/images/T073\\_FORMAS\\_DE\\_DESCARTE\\_DE\\_PILHAS\\_E\\_BATERIAS\\_USADAS.pdf](http://www.firs.institutoventuri.org.br/images/T073_FORMAS_DE_DESCARTE_DE_PILHAS_E_BATERIAS_USADAS.pdf)>. Citado na página 38.
- AYYAPPAN, R. et al. Removal of Pb(II) from aqueous solution using carbon derived from agricultural wastes. *Process Biochem.*, v. 40, n. 3-4, p. 1293–1299, 2005. ISSN 13595113. Citado na página 15.
- BARANDAS, A. P. M. G. et al. Recuperação de cádmio de baterias níquel-cádmio via extração seletiva com tributilfosfato (TBP). *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, p. 712–717, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n3/34.pdf>>. Citado na página 10.
- BARRETO, N. et al. Forma de descarte de pilhas e baterias de celulares usadas por moradores do município de campos dos goytacazes e consciência ambiental quanto ao descarte adequado. *Bol. do Obs. Ambient. Alberto Ribeiro Lamego*, v. 9, n. 1, p. 195–205, 2015. ISSN 21774560. Citado na página 37.

- BARROS, T. R. B. *Estudo de adsorção do chumbo II de efluentes utilizando casca de abacaxi como biomassa adsorvente*. 12–15 p. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual da Paraíba, 2014. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/3681>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- BENAVIDES, M. P.; GALLEGO, S. M.; TOMARO, M. L. Cadmium toxicity in plants. *Brazilian J. Plant Physiol.*, v. 17, p. 21–34, 2005. Citado na página 12.
- BEZERRA, D. M. M. et al. Análise do descarte de pilhas e baterias oriundas de resíduos domiciliares na cidade de Itabaiana PB. *VII Congr. Bras. Gestão Ambient. (VII ConGeA)*, Campina Grande - PB, v. 10, p. 1–5, nov 2016. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-044.pdf>>. Citado na página 38.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental. *Química Nov. na Esc.*, v. 11, p. 3–9, 2000. Citado 4 vezes nas páginas 8, 9, 10 e 11.
- BORGES, L. d. M. *Comércio de celulares e descarte de baterias: Estudo de caso em Goiânia*. Tese (Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2012. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/handle/tede/2897#preview-link0>>. Citado na página 35.
- BRASIL. *Lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978*. 1978. Disponível em: <[http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/1979/decreto\\_1745.htm](http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/decretos/numerados/1979/decreto_1745.htm)[http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina\\_leis.php?id=8224](http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=8224)>. Citado 5 vezes nas páginas 21, 27, 28, 29 e 30.
- BRASIL. *Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981*. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm)>. Citado na página 6.
- BRASIL. *Resolução Conama nº 003, de 28 de junho de 1990*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Citado na página 26.
- BRASIL. *Resolução Conama nº 257, de 30 de junho de 1999*. 1999. Disponível em: <<https://www.observatorioderesiduos.unb.br/painel/assets/uploads/files/4933e-resolucao257.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 26.
- BRASIL. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Citado 4 vezes nas páginas 21, 27, 29 e 30.
- BRASIL. *Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006*. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 21, 27 e 28.
- BRASIL. *Resolução Conama n 397, de 3 de abril de 2008*. 2008. 5–7 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=563>>. Citado 4 vezes nas páginas 21, 27, 31 e 32.



BRASIL. *Resolução Conama n 401, de 4 de novembro de 2008*. 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2008\\_401.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 26.

BRASIL. *Lei n 12.305, de 2 de agosto de 2010*. 2010. 2 p. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm%5Cfile:///C:/Users/Guilherme/Downloads/LEI-12305-2010.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm%5Cfile:///C:/Users/Guilherme/Downloads/LEI-12305-2010.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 19.

BRASIL. *Resolução n 430, de 13 de maio de 2011*. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Citado 5 vezes nas páginas 21, 27, 28, 31 e 32.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. M. *Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos*. Salvador: Centro de Recursos Ambientais - CRA, 2001. v. 6. 1–122 p. ISSN 0104-4230. ISBN 8588595079. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/SGDIA/transarq/arquivos/VejaabaixoasPublica??esAmbientais/Neama-CadernosdeRefer?nciaAmbienta/Arquivo/mercurio.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

CDC. *CDC Response to Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention Recommendations in Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call of Primary Prevention*. Atlanta, Ga, USA, 2012. 1–16 p. Disponível em: <[http://www.cdc.gov/nceh/lead/ACCLPP/CDC\\_Response\\_Lead\\_Exposure\\_Recs.pdf](http://www.cdc.gov/nceh/lead/ACCLPP/CDC_Response_Lead_Exposure_Recs.pdf)>. Citado na página 14.

CETESB. *Manganês*. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental, 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Manganes.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

CETESB. *Zinco*. Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental., 2017. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Zinco.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.

CINTRA, M. A. *História de Goiânia*. 2010. Disponível em: <[http://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/anuario2012/\\_html/historico.html](http://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/anuario2012/_html/historico.html)>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.

COMURG. *Aterro Sanitário de Goiânia*. Goiânia: [s.n.], 2016. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 32.

CORDEIRO, R.; LIMA-FILHO, E. C.; SALGADO, P. E. T. Distúrbios neurológicos em trabalhadores com baixos níveis de chumbo no sangue II disfunções neuro-comportamentais. *Cad. Saude Publica*, v. 30, p. 455–463, 1996. Citado na página 14.

CORREIA, L. O. et al. Bioacumulação de chumbo em plantas de cenoura (*daucus carota*) e seus efeitos na saúde humana. *Gaia Sci.*, v. 10, n. 4, p. 301–318, 2016. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/31306/17630>>. Citado na página 15.

DASCANIO, D.; Del Prette, Z. A. P.; RODRIGUES, O. M. P. R. Intoxicação infantil por chumbo: uma questão de saúde e de políticas públicas. *Psicol. em Rev.*, v. 22,

- n. 1, p. 90–111, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/psicologiaemrevista/article/viewFile/4726/10182>>. Citado na página 14.
- DUARTE, R. P. S.; PASQUAL, A. Avaliação do Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. *Energ. na Agric.*, v. 15, n. Cd, p. 30–40, 2000. Citado na página 13.
- DUCIÉ, T.; POLLE, A. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. *Brazilian J. Plant Physiol.*, v. 17, n. 1, p. 103–112, 2005. ISSN 16770420. Citado na página 12.
- FARRIS, P. W. et al. *Marketing Metrics: The Definitive Guide to Measuring Marketing Performanc.* 2. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2010. 292–293 p. ISBN 0137058292, 9780137058297. Citado na página 22.
- FERNANDES, L. H.; MAINIERA, F. B. Os Riscos da Exposição Ocupacional ao Cádmio. *Sist. Gestão*, v. 9, n. 2, p. 194–199, 2014. ISSN 19805160. Disponível em: <<http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/view/V9N2A3/SGV9N2A3>>. Citado na página 13.
- FIRJAN. *Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias.* 2000. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/GUIAPARACOLETASELETIVADEPILHASEBATERIAS.pdf>>. Citado na página 2.
- FLORA, G.; GUPTA, D.; TIWARI, A. Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdiscip Toxicol*, v. 5(2), p. 47–58., 2012. Citado na página 15.
- FLORA, S. J.; FLORA, G.; SAXENA, G. Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. In: José S. Casas; José Sordo (Ed.). *Lead.* Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2006. cap. Chapter 4, p. 158–228. ISBN 9780444529459. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978044452945950004X>>. Citado na página 14.
- FRIBERG, L.; ELINDER, C.; KJELL, T. *Cadmium - Environmental health criteria 134.* Genebra: WHO World Health Organization, 1992. ISBN 9241571349. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc134.htm>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- GONZALEZ, K. R. Toxicologia do Níquel. *Rev. Intertox Toxicol. Risco Ambient. e Soc.*, v. 9, n. 2, p. 30–54, 2016. ISSN 0104-4230. Disponível em: <<http://www.revistarevinter.com.br/autores/index.php/toxicologia/article/view/242/468>>. Citado na página 13.
- GRIPPI, S. *Lixo Reciclagem e sua História.* 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Interciência, 2006. Citado na página 32.
- GUPTA, V. K.; GUPTA, M.; SHARMA, S. Process Development for the Removal of Lead and Chromium from Aqueous Solutions using Red Mud, an Aluminium Industry Waste. *Water Res.*, v. 35, n. 5, p. 1125–1134, 2001. ISSN 00431354. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- HAGINO, N.; KONO, M. A study on the cause of Itai-itai-disease. *Proc 17th Mtg Japanese Soc Clin. Surg.*, 1955. Citado na página 13.

- HALL, J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *J. Exp. Bot.*, v. 53, n. 366, p. 1–11, 2002. ISSN 0022-0957. Citado na página 13.
- IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*. 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>>. Citado na página 5.
- IBGE. *Brasil em Síntese*. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.
- IBGE. *Pesquisa Industrial Anual - Produto, PIA-Produto*. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html>>. Citado na página 21.
- ILZSG. *End Uses of Lead*. 2014. Disponível em: <<http://www.ilzsg.org/static/enduses.aspx?from=5>>. Citado na página 14.
- IYER, S.; SENGUPTA, C.; VELUMANI, A. Lead toxicity: An overview of prevalence in Indians. *Clin. Chim. Acta*, Elsevier B.V., v. 451, p. 161–164, 2015. ISSN 18733492. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cca.2015.09.023>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 14.
- JÄRUP, L.; ÅKESSON, A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, Elsevier Inc., v. 238, n. 3, p. 201–208, 2009. ISSN 0041-008X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>>. Citado na página 13.
- KEMERICH, P. D. d. C. et al. Descarte indevido de pilhas e baterias: A percepção do problema no município de Frederico Westphalen - RS. *Rev. Eletrônica em Gestão, Educ. e Tecnol. Ambient.*, v. 8, n. 8, p. 1680–1688, jan 2013. ISSN 22361170. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/6319>>. Citado na página 37.
- LEAL, A. C. M.; FERNANDES, A. S. G. Lítio e a sua aplicação terapêutica na psicose maníaco-depressiva. *Ordem dos Biólogos*, 2002. Disponível em: <[http://arquivo.ordembilogos.pt/Publicacoes/Biologias/4\\_Litio--20Abr05.pdf](http://arquivo.ordembilogos.pt/Publicacoes/Biologias/4_Litio--20Abr05.pdf)>. Citado na página 16.
- LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. ISBN 9788521201762. Disponível em: <<https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/quimica-inorganica-nao-tao-concisa-724>>. Citado na página 14.
- LEITE, L. D. *Sensibilidade da cinética do zinco e avaliação nutricional em crianças submetidas ao teste venoso de tolerância ao zinco*. 12–34 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/13136/1/LuciaDL.pdf>><<http://www.repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/13136>>. Citado na página 17.
- LIU, W. et al. Temporal and spatial characteristics of lead emissions from the lead- acid battery manufacturing industry in China. *Environ. Pollut.*, Elsevier Ltd, p. 1–8, 2016. ISSN 0269-7491. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.031>>. Citado na página 14.

- LYRIO, C. S.; CHAVES, G. d. L. D. A legislação efetivamente envolveu os consumidores no descarte adequado de pilhas e baterias? *Rev. Eletrônica em Gest. Educ. e Tecnol. Ambient.*, v. 19, n. 3, p. 222–238, 2015. ISSN 2236-1170. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18033/pdf>>. Citado na página 38.
- MANSSON, N.; BERGBACK, B.; SORME, L. Phasing Out Cadmium, Lead and Mercury. *J. Ind. Ecol.*, v. 13, n. 1, p. 94–111, 2008. Citado na página 14.
- MAO, J.; GRAEDEL, T. E. Lead In-Use Stock. *J. Ind. Ecol.*, v. 13, n. 1, p. 112–126, 2009. Citado na página 14.
- MARQUES, J. P. M. *A indústria de sais de lítio no Brasil : estudo da implantação de uma indústria mineral pioneira no Brasil*. 17–21 p. Tese (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, 1996. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287251/1/Marques\\_JosePauloMansur\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287251/1/Marques_JosePauloMansur_M.pdf)>. Citado na página 16.
- MCGRATH, S. P.; SMITH, S. *Heavy metals in soils*. New York: John Wiley: Blackie Academic Professional, 1990. 125–150 p. Citado na página 13.
- MEENA, A. K. et al. Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using carbon aerogel as an adsorbent. *J. Hazard. Mater.*, v. 122, n. 1-2, p. 161–170, 2005. ISSN 03043894. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- MELO, V. D. S. D.; FRIEDRICH, L. C. *Educação ambiental e conscientização dos alunos do 4º ano do ensino fundamental da escola Catharina Sinotti*. Tese (Doutorado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4393>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- MONTEIRO, J. H. P.; ZVEIBIL, V. Z. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>><<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/handle/123456789/573>>. Citado na página 1.
- MOORE, J. W.; RAMAMOORTHY, S. *Impact of Heavy Metals in Natural Waters*. New York: Springer-Verlag, 1984. 328 p. Citado na página 13.
- MOTA, J. C. Planos Diretores de Goiânia, Década de 60: A inserção dos arquitetos Luís Saia e Jorge Wilhelm no campo do planejamento urbano. *Esc. Eng. São Carlos Univ. São Paulo*, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-16042007-163916/en.php>>. Citado na página 3.
- NEEDLEMAN, H. LEAD POISONING. *Annu. Rev. Med.*, v. 55, n. 1, p. 209–222, 2004. Citado na página 14.
- NOGUEIRA, C. A.; MARGARIDO, F. Leaching behaviour of electrode materials of spent nickelcadmium batteries in sulphuric acid media. *Hydrometallurgy*, v. 72, p. 111–118, feb 2004. ISSN 0304386X. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304386X03001233>>. Citado na página 10.
- NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. São Paulo: Blucher, 2011. Citado na página 2.

- OLIVEIRA, D. B. P.; ARAUJO, F. R. C. de. *Descarte de lixo eletrônico pelos alunos do ensino médio do Instituto Federal Fluminense, campos-centro, e da escola estadual Nilo Fernandes Pereira*. Tese (Doutorado) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF), 2014. Disponível em: <<http://bd.centro.iff.edu.br/handle/123456789/991>>. Citado na página 37.
- ORSOLON, M. Hora de reciclar. *Potência*, p. 28 – 37, 2010. Disponível em: <[http://www.clrb.com.br/site/us/arquivos/05\\_Mercado0Agosto.pdf](http://www.clrb.com.br/site/us/arquivos/05_Mercado0Agosto.pdf)>. Citado na página 1.
- PANDEY, N.; SHARMA, C. P. Effect of heavy metals Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> on growth and metabolism of cabbage. *Plant Sci.*, v. 163, p. 753–758, 2002. ISSN 01689452. Citado na página 12.
- PARP. *Cartilha Informativa*. 2010. Disponível em: <<http://www.gmcons.com.br/gmclg/admin/VisualizarPostosMapaCliente.aspx>>. Citado na página 38.
- PASTORE, J. B. A Paisagem Original das Capitais Planejadas do Cerrado. *Paisag. Ambient. Ensaios*, v. 0, n. 30, p. 45–70, 2012. ISSN 2359-5361. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/77868/81843>>. Citado na página 3.
- PEIXOTO, M. C. D. S. *Análise dos problemas ambientais decorrentes do uso de pilhas e baterias e desenvolvimento de uma rota processual para tratamento das baterias Ni-Cd*. 08–71 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Ceará, 2011. Citado 4 vezes nas páginas 7, 9, 10 e 11.
- PEREIRA, G. et al. Activity of Antioxidant Enzymes in Response to Cadmium in *Crotalaria juncea*. *Plant Soil*, v. 239, p. 123–132, 2002. ISSN 16130073. Citado na página 12.
- PESQUERO, N. C. et al. Materiais cerâmicos de inserção aplicados a baterias de íons lítio. *Cerâmica*, v. 54, p. 233–244, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/16546/S0366-69132008000200014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Citado na página 11.
- PIRKLE, J. et al. *The decline in blood lead levels in the united states: the national health and nutrition examination surveys (NHANES)*. 1994. 284–291 p. Disponível em: <<http://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/376894>>. Citado na página 14.
- PRASAD, M. et al. Physiological responses of *Lemna trisulca* L.(duckweed) to cadmium and copper bioaccumulation. *Plant Sci.*, v. 161, p. 881–889, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945201004782>>. Citado na página 13.
- REIDLER, N. M. V. L.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. *Rev. Limp. Pública.*, São Paulo, v. 60, p. 20–26, 2003. Disponível em: <[http://www.ablp.org.br/acervoPDF/01\\_LP60.pdf](http://www.ablp.org.br/acervoPDF/01_LP60.pdf)>. Citado 3 vezes nas páginas 1, 2 e 11.
- ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; CARLOS, V. M. *Meio ambiente e sustentabilidade*. Porto Alegre: Bookman., 2012. Citado na página 2.



- SANEAGO. *Saneamento de Goiás - SANEAGO*. 2017. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/2016/#esgoto>>. Citado na página 6.
- SANTOS, E. A. dos; NUNES, J. L. S. *Diagnóstico situacional do descarte de pilhas, baterias de celulares e automotivas em São Luís-MA*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Maranhão, 2013. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/1621>>. Citado na página 37.
- SANTOS, F. G. dos; MARQUES, C. B. A logística reversa de pilhas e baterias: um estudo de caso no comércio de Santa Cruz do Sul, RS. *Rev. da Fac. Dom Alberto*, v. 10, p. 1–15, 2012. Disponível em: <<http://domalberto.phlnet.com.br/cgi-bin/wxis.exe?IsisScript=phl82.xis&cipar=phl82.cip&lang=por>>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- SCDNR. *How Long Does It Take - State of Decomposition*. Columbia, SC: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.dnr.sc.gov/up2u/decompose.html>>. Citado na página 32.
- SCHÜTZENDÜBEL, A.; POLLE, A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *J. Exp. Bot.*, v. 53, n. 372, p. 1351–1365, 2002. ISSN 0022-0957. Citado na página 12.
- SHAH, K. et al. Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Sci.*, v. 161, n. 6, p. 1135–1144, 2001. ISSN 01689452. Citado na página 12.
- SINGH, R. et al. Heavy metals and living systems: An overview. *Indian J. Pharmacol.*, v. 43, n. 3, 2011. Citado na página 15.
- SPERANSKAYA, O. The Problem of Environmental Contamination by Cadmium, Lead and Mercury in Russia and Ukraine: A Survey. *Cent. Environ. Sustain. Dev.*, Intergovernmental Forum on Chemical Safet - IFCS, Moscow., p. 10–53, 2008. Disponível em: <[http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum6/eco\\_accord\\_en.pdf](http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum6/eco_accord_en.pdf)>. Citado na página 15.
- TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Recovery of Ni-based alloys from spent NiMH batteries. *J. Power Sources*, v. 108, n. 1-2, p. 70–73, jun 2002. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378775302000071>>. Citado na página 10.
- VECCHIA, F. D. et al. Morphogenetic, ultrastructural and physiological damages suffered by submerged leaves of *Elodea canadensis* exposed to cadmium. *Plant Sci.*, v. 168, p. 329–338, 2005. ISSN 01689452. Citado na página 13.
- VIEIRA, L. R. et al. Toxicidade de cádmio em plantas. *Rev. Eletrônica em Gestão, Educ. e Tecnol. Ambient. St.*, v. 19, p. 1574–1588, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/15970/pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- VIEIRA, P. d. A. Attilio Corrêa Lima e o Planejamento de Goiânia Um marco moderno na conquista do sertão brasileiro. *Urbana*, v. 4, p. 53–66, 2011. ISSN 1982-0569. Disponível em: <<http://www.ifch.unicamp.br/ojs/index.php/urbana/article/view/893>>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.

- VIJ, A. G. Hemopoietic, Hemostatic and Mutagenic Effects of Lead and Possible Prevention by Zinc and Vitamin C. *Al Ameen J. Med. Sci.*, v. 2, n. 2, p. 27–36, 2009. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/40422733\\_Hemopoietic\\_Hemostatic\\_and\\_Mutagenic\\_Effects\\_of\\_Lead\\_and\\_Possible\\_Prevention\\_by\\_Zinc\\_and\\_Vitamin\\_C](http://www.researchgate.net/publication/40422733_Hemopoietic_Hemostatic_and_Mutagenic_Effects_of_Lead_and_Possible_Prevention_by_Zinc_and_Vitamin_C)>. Citado na página 14.
- VITÓRIA, A. P.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues. *Phytochemistry*, v. 57, n. 5, p. 701–710, 2001. ISSN 00319422. Citado na página 12.
- WHO. Methylmercury in Environmental Health Criteria 101. *World Heal. Organ.*, p. 1–148, 1990. ISSN 01406736. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38082/1/9241571012\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38082/1/9241571012_eng.pdf)>. Citado na página 15.
- WHO. Concise International Chemical Assessment Document 12 - Manganese and its compounds. *World Heal. Organ.*, Genebra, p. 8–27, 1999. ISSN 10206167. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42184/1/924153012X.pdf>>. Citado na página 17.
- WHO. Manganese in Drinking-water B. *World Heal. Organ.*, Genebra, p. 2–10, 2011. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.
- WILLIAMS, P. L.; JAMES, R. C.; ROBERTS, S. M. *Principles of Toxicology: Environmental and Industrial Applications*. 2. ed. New York: John Wiley Sons, 2000. 479–497 p. ISBN 0471293210. Citado na página 15.
- ZEMAN, C.; RICH, M.; ROSE, J. World water resources: Trends, challenges, and solutions. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technology*, v. 5, n. 4, p. 333–346, 2006. ISSN 15691705. Citado na página 12.