

Eixo Temático: ET-01-006 - Gestão Ambiental

## EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ZINCO, GRAFITE, DIÓXIDO DE MANGANÊS E CLORETO DE AMÔNIA, A PARTIR DE PILHAS

Egle Katarinne Souza da Silva<sup>1</sup>, Edilson Leite da Silva<sup>2</sup>, Luislândia Vieira de Figueredo<sup>3</sup>,  
João Paulo Ferreira Lima<sup>4</sup>, Antonio Fernando Portela da Cunha<sup>5</sup>,  
Rômulo Alves Augusto de Souza<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Mestra em Sistemas Agroindustriais, UFCG/CCTA, Gestora da ECITE Cristiano Cartaxo eglehna@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor da UFCG/CFP- souedisonleite@gmail.com

<sup>3</sup>Mestranda em Sistemas Agroindustriais, UFCG/CCTA, luislandia.figueredo@gmail.com

<sup>4</sup>Licenciado em Química, UFCG/CFP joaopfl67@gmail.com.

<sup>5</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CFP), fportela.ufcg@gmail.com.

<sup>6</sup>Licenciado em Química pela UFCG/CFP; Professor da ECITE Cristiano Cartaxo; romuloaasouza@gmail.com.

### RESUMO

Nos dias atuais com o advento do avanço tecnológico é praticamente impossível viver desconectado, sem comunicação ou até mesmo sem informação em tempo real do que acontece no espaço global. Esse avanço representa em grande escala o crescente processo de utilização dos eletrônicos, concebendo em paralelo o aumento da fabricação das pilhas que alimentam e garantem o funcionamento de boa parte desses eletrônicos. A falta de informação e/ou políticas públicas que garantam de fato a destinação correta das pilhas descarregadas, corroboram para a contaminação ambiental pelo descarte inadequado destas. Dentre os componentes perigosos que estão presentes nas pilhas pode-se citar os metais pesados, como Cobre, Chumbo, Cádmio, Zinco, Manganês, etc. Desenvolveu-se esta pesquisa com os objetivos de extrair e quantificar de pilhas substâncias químicas presentes em pilhas. Inicialmente no laboratório de química da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Cajazeiras- PB escolheu-se uma amostra de 09 pilhas, sendo três AAA, três AA e três C. Por meio de procedimentos experimentais simples realizou-se o desmonte e a separação de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio. Pelos dados obtidos na amostra pode-se afirmar que foram extraídas 38,3712g de Zinco; 11,3263g de Grafite; 83,6656g de Dióxido de Manganês e 5,5328g de Cloreto de Amônio. A extração e quantificação destes componentes representam a fase inicial desta pesquisa. Posteriormente será realizada a análise das substâncias químicas extraídas e, paralelamente, está sendo desenvolvidos estudos para identificação de aplicabilidades viáveis que justifiquem o processo de reciclagem destas pilhas.

**Palavras-chave:** Eletrônicos; Reciclagem de Pilhas; Substâncias Químicas.

### INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico nas últimas décadas, as pilhas e baterias presentes nos eletrônicos tornaram-se itens muito utilizados no cotidiano do ser humano, sendo uma fonte portátil de energia geram uma grande demanda por parte dos consumidores. Na mesma proporção do aumento do consumismo surge a geração desses resíduos sólidos que na maioria das vezes são descartados em locais inapropriados.

Por sua vez as pilhas podem causar vários problemas socioambientais caso sejam descartadas de forma incorreta. Entre as substâncias químicas mais nocivos ao meio ambiente e a saúde humana presente nestas, destacam-se o Chumbo, Lítio, Mercúrio e o Cádmio que além de contaminar o meio ambiente podem causar vários tipos de doenças, inclusive o câncer.

De acordo com o Decreto Nº 7. 404 de 23 de Dezembro de 2010 em seu art. 18, deve ser implantado o sistema de logística reversa por fabricantes, importadores, distribuidores entre outros, sendo que a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos deve ser compartilhada entre as empresas, poder público e sociedade civil (BRASIL, 2010).

Em decorrência dessa demanda institui-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei de nº 12.305 de agosto de 2010, na qual estipula os deveres e objetivos, entre outros, sobre a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos no Brasil.

Brasil (2010, p.11) define Resíduo Sólido como sendo qualquer:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

A implantação da PNRS tem como foco a redução do volume dos resíduos sólidos gerados, priorizando o tratamento adequado assim como, a reciclagem e a disposição ambientalmente adequada. No Art. 13 da PNRS encontra-se a classificação dos resíduos sólidos:

Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; (BRASIL, 2010, p.16).

Dentre esses resíduos sólidos perigosos destaca-se as pilhas, resíduo de difícil descarte por apresentar substâncias químicas tóxicas em sua composição. As pilhas possuem características e tamanhos diferentes, podendo ser removíveis ou fixas nos aparelhos eletrônicos, são divididas em duas categorias: primárias e secundárias. As pilhas primárias são aquelas não podem ser recarregáveis, portanto, ao perderem a vida útil são descartadas, já as secundárias são recarregáveis, também conhecidas como acumuladores podem ser utilizadas inúmeras vezes (CONTE, 2016).

A Tabela 1 demonstra os dois tipos de pilhas mais utilizados no mercado, assim como, a sua composição química e as principais características. As pilhas secas além de apresentarem Zinco, Grafite e o Dióxido de Manganês, também podem apresentar o Chumbo, Mercúrio, e o Cádmio.

**Tabela 1.** Tipos e composição química das pilhas secas e alcalinas.

TIPO	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	CARACTERÍSTICA
Pilha seca	Grafite, Zn, ZnCl <sub>2</sub> , MnO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> Cl	Possuem dois eletrodos, o ânodo (parte negativa) composto pelo Zinco e o cátodo (positivo) composto pelo Grafite, imerso em uma solução eletrolítica composta por Cloreto de Amônio, Cloreto de Zinco e Dióxido de Manganês.
Pilha alcalina	Zn, KOH ou NaOH, MnO <sub>2</sub>	O ânodo é composto por Zinco poroso, imerso numa solução de Hidróxido de Potássio ou de Sódio. O cátodo é composto de Dióxido de Manganês, envolvido por uma camada de aço niquelado.

**Fonte:** Próprios autores, (2019).

No Brasil são fabricados aproximadamente 800 milhões de pilhas atualmente, perfazendo uma porcentagem de 80% de pilhas secas e 20% correspondente as pilhas alcalinas, segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINNE, 2013).

Mesmo com números alarmantes de fabricação, consumo e descarte, a destinação final desses resíduos perigosos na maioria das vezes, acontece em locais inapropriados como lixões a céu aberto. Afonso et al. (2003) ressalta que o descarte de pilhas no lixo comum é bastante preocupante, pois como o passar dos dias, provocam contaminação do solo, recursos hídricos subterrâneos e plantas, causados pela corrosão de pilhas dispostas em lixões a céu aberto assim como, em aterros controlados.

Ao serem descartas incorretamente, as pilhas liberam metais pesados que representam grande risco à saúde humana. Na Tabela 2 observam-se alguns metais pesados encontrados em pilhas e baterias e os efeitos causados pelos mesmos à saúde. Vale ressaltar que o grau de risco à saúde pública e ao meio ambiente não é o mesmo em todas as pilhas e baterias, pelas exigências dos órgãos ambientais brasileiros o mercado já disponibiliza dispositivos fabricados com componentes menos nocivos.

**Tabela 2.** Efeitos causados à saúde humana, por alguns metais pesados presentes em pilhas e baterias.

TIPO	EFEITOS
Manganês	Desordem crônica do sistema nervoso central (manganismo ou Parkinson mangânico), bronquite, pneumonia, provoca gagueira, insônia, etc.
Zinco	Irritação da pele, dos olhos e das mucosas do nariz e garganta e dos brônquios, irritações no aparelho digestivo e respiratório, deterioração dentária, perfuração do septo nasal, câncer nos testículos. Para os peixes, concentrações de 0,02 mg/L são tóxicas.
Mercurio	Distúrbios renais; Distúrbios neurológicos; Efeitos Mutagênicos; Alterações no metabolismo; Perda de memória, Deficiências nos órgãos sensoriais. Na cavidade oral causa gengivite, estomatite, salivação aumentada (sialorréia); Danos aos rins e ao sistema respiratório; irritações na pele e nas mucosas. É considerado o elemento mais tóxico para o homem e grandes animais.
Cádmio	Carcinogênico; Dores reumáticas e miálgicas; Distúrbios metabólicos levando à osteoporose; Disfunção renal, doenças cardiovasculares, em particular hipertensão.
Chumbo	Esta substância provoca anemia, problemas pulmonares graves, paralisia (neurite periférica), disfunção renal quando inalado também provoca problemas relacionado à encefalopatia como: convulsões, delírios, coma entre outros.
Lítio	Irritante ao sistema nervoso central, visão turva, ruídos nos ouvidos, vertigens, debilidade e tremores.
Níquel	Aumenta o risco de câncer de pulmão, na cavidade nasal, na laringe e no estômago. Irritação crônica do aparelho respiratório superior, irritação e fibrose pulmonar (pneumoconiose), bronquite asmática, aumenta a susceptibilidade a infecções respiratórias e dermatites de contato alérgico.

**Fonte:** Adaptado, Larini (1997).

Pelas características dos componentes mais perigosos das pilhas e baterias o 6º artigo da resolução de número 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina os limites de mercúrio, cádmio, e chumbo para fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias:

I - com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês; II - com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

III - com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês. (BRASIL, 1999, Art. 6).

Referente à destinação final ambientalmente adequada das pilhas e baterias a mesma resolução no seu artigo 8º proíbi as seguintes formas de destinação final:

I - lançamento "*in natura*" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais; II - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente; III - 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. (BRASIL, 1999, Art. 8).

Diante da realidade exposta, a reciclagem torna-se a alternativa mais viável contribuindo para preservação do meio ambiente e conseqüentemente da saúde pública. A reciclagem de pilhas deve ser feitas por empresas especializadas ou por órgãos ou instituições competentes. Segundo Cavalcante et al (2009, p. 04), a reciclagem de pilhas deve obedecer três fases preliminares que são "triagem, tratamento físico e o tratamento metalúrgico. O tratamento físico consiste na moagem (acontece a separação de alguns metais, aço e posteriormente separação dos constituintes)".

Para Suzaquim (2011), o processo industrial para a reciclagem de pilhas é formado por oito etapas, sendo elas: Seleção dos produtos por semelhança de matéria-prima; Corte de pilhas; Moagem; Reator químico; Filtragem e prensagem; Calcinador; Nova moagem e Produto final. Esse processo industrial varia de acordo com cada empresa recicladora, sendo este determinado pelas características dos componentes das pilhas.

Para que a reciclagem destes resíduos perigosos aconteça faz-se necessário a implantação de dois processos, sendo a coleta seletiva e logística reversa. De acordo com o Decreto de nº 7.404 que regulamenta a PNRS entende-se por logística reversa:

O instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo 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. 45).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos destaca ainda que é responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes adotar todos os procedimentos necessários para garantir a implementação e operacionalização da logística reversa. Para isto, necessitam "implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas; disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis; atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis." (BRASIL, 2010, Art. 33).

No Brasil o programa de logística reversa para pilhas e baterias começou a ser implementado pela ABINNE e está em fase de ampliação. O programa tem como objetivo coletar e destinar as pilhas e baterias usadas para os órgãos que fazem corretamente o processo de reciclagem. Cavalcante et al. (2009) ressalta que a logística reversa em geral, possui uma baixa prioridade, devido o pequeno número de empresas especializadas para fazer o recolhimento e destinação ambientalmente adequada desses materiais, segundo o mesmo a logística reversa encontra-se em estado inicial no que diz respeito ao desenvolvimento desta prática no Brasil.

Embora em pequena proporção no Brasil, para que a logística reversa de fato aconteça é primordial o trabalho em equipe e a conscientização populacional sobre a responsabilidade compartilhada. O Portal dos Resíduos Sólidos (PRS) na abordagem da logística reversa enfatiza:

O papel do consumidor nesse processo é o de efetuar a devolução de seus produtos e embalagens aos comerciantes ou distribuidores após o uso. Aos comerciantes e distribuidores compete efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos. Por sua vez, os fabricantes e os importadores deverão dar destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do SISNAMA e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. (PRS, 2013, *online*)

De fato as leis já foram elaboradas e destacam a importância da sociedade no geral para que este processo aconteça. Portanto para logística reversa, é primordial que todos (fabricantes, distribuidores, empresas e consumidores) exerçam suas respectivas funções, que somadas representará o cumprimento do que está escrito nas leis.

## **OBJETIVO**

Extrair e quantificar substâncias químicas (Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio) presentes na composição de pilhas dos tipos AAA, AA e C.

## **METODOLOGIA**

Com o intuito de diminuir a quantidade de pilhas descarregadas que seriam destinadas ao lixão da cidade de Cajazeiras – PB, alunos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) do Centro de Formação de Professores deste município realizaram uma pesquisa de cunho educativo ambiental e prático. Inicialmente realizou-se uma ação educativa na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Crispim Coelho e como resposta, alunos do segundo ano do ensino médio recolheram 107 pilhas descarregadas para reciclagem.

No laboratório de química da UFCG, do total recolhido, inicialmente escolheu-se uma amostra de nove pilhas, sendo 03 palitos, 03 pequenas e 03 médias para desmonte e separação das substâncias químicas presentes nas mesmas. As pilhas denominadas pequenas são classificadas como AAA popularmente conhecidas como pilha palito. As pilhas pequenas são denominadas AA e as médias recebem a nomenclatura C.

Utilizaram-se pilhas secas, constituídas por Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio. Por serem menos nocivos que outros constituintes como Cádmio, Mercúrio e Chumbo, o processo de separação das substâncias químicas nessas pilhas é mais simples, diferentemente das pilhas que apresentam constituintes mais tóxicos, sendo necessária para esta reciclagem processo industrial.

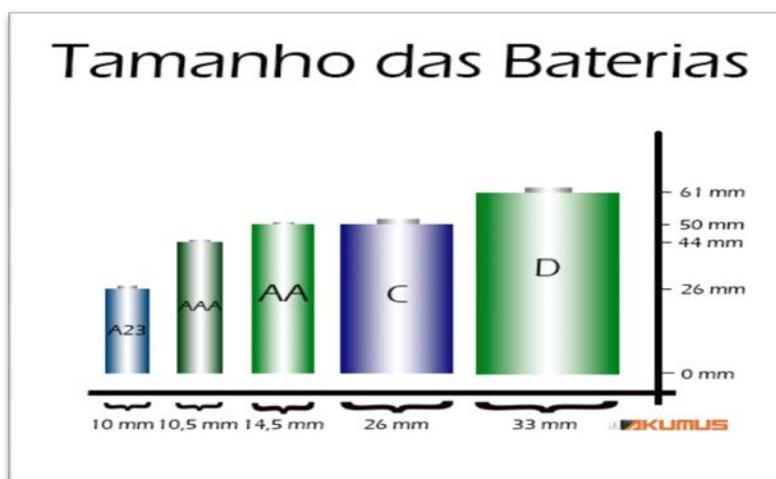
No procedimento manual e simples de separação dos componentes das pilhas utilizou-se: Morsa de Bancada; Alicates; Espátulas; Pinças; Suportes Universais; Garras; Bastões de Vidro; Funis; Papéis Filtro; Béqueres; Provetas; *Erlenmeyers*; Picetas de Água Destilada.

Primeiramente desmontou-se as pilhas separando a carcaça externa, placa de Zinco, Grafite e pasta eletrolítica, fonte de Dióxido de Manganês ( $MnO_2$ ) e Cloreto de Amônio ( $NH_4Cl$ ), que foi dissolvida com água destilada, onde o  $NH_4Cl$  se solubilizou e o  $MnO_2$  permaneceu sólido. Separado por filtração do Cloreto de Amônio, o Dióxido de Manganês foi secado na estufa a 100 °C. O Grafite, Zinco e Dióxido de Manganês e o Cloreto de Amônio depois de separados foram pesados em balança analítica.

A fase inicial desta pesquisa consiste na extração e quantificação das substâncias químicas separadas da amostra escolhida. Posteriormente será executada a análise do material separado e paralelamente está sendo desenvolvidas pesquisas e estudos para identificação de aplicabilidades viáveis que justifiquem o processo de reciclagem destas pilhas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 observa-se o tamanho das pilhas e suas respectivas nomenclaturas. As pilhas AAA possuem 44,5 mm de comprimento e 10,5 mm de diâmetro. As pilhas AA em média 50.5 mm de comprimento e entre 14.5 mm de diâmetro. Já às pilhas C apresentam em média 50.5 mm de comprimento e 26 mm de diâmetro. É importante salientar que dependendo do fabricante estes valores podem sofrer pequenas alterações.



**Figura 1.** Tamanho das pilhas. **Fonte:** AKUMUS. <http://www.blog.akumus.com.br/tamanho-e-nomenclatura-das-pilhas/>.

Após o processo de desmonte e separação para quantificar os substâncias químicas, pesou-se em balança analítica. No Quadro 1 observa-se a quantificação dos componentes separados das pilhas AAA. No total, percebe-se que foram separados desta triplicata 5,5317g de Zinco, 1,6533g de Grafite e 7,9048g de Dióxido de Manganês.

**Quadro 1.** Quantificação do Zinco, Grafite e Dióxido de Manganês das pilhas palito.

Pilhas AAA				
Substâncias Químicas	Pilha 1	Pilha 2	Pilha 3	Total
Zinco	1,8272g	1,9065g	1,7980g	5,5317g
Grafite	0,5461g	0,5396g	0,5676g	1,6533g
Dióxido de Manganês	2,6592g	2,5957g	2,6499g	7,9048g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

No Quadro 2 observa-se os valores obtidos com as pilhas AA, no total foram separados 7,1390g de Zinco; 2,9730g de Grafite e 20,1830g de Dióxido de Manganês.

**Quadro 2.** Quantificação do Zinco, Grafite e Dióxido de Manganês das pilhas pequenas.

<b>Pilhas AA</b>				
<b>Substâncias Químicas</b>	<b>Pilha 1</b>	<b>Pilha 2</b>	<b>Pilha 3</b>	<b>Total</b>
Zinco	2,3827g	2,3765g	2,3798g	7,1390g
Grafite	1,0321g	0,9606g	0,9803g	2,9730g
Dióxido de Manganês	6,7366g	6,7165g	6,7299g	20,1830g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

No Quadro 3 observa-se os valores obtidos na triplicata das pilhas C, no total foram separados 25,7003g de Zinco; 6,7002g de Grafite e 55,5778g de Dióxido de Manganês.

**Quadro 3.** Quantificação do Zinco, Grafite e Dióxido de Manganês das pilhas médias.

<b>Pilhas C</b>				
<b>Substâncias Químicas</b>	<b>Pilha 1</b>	<b>Pilha 2</b>	<b>Pilha 3</b>	<b>Total</b>
Zinco	8,5699g	8,5581g	8,5723g	25,7003g
Grafite	2,2490g	2,2189g	2,2323g	6,7002g
Dióxido de Manganês	18,5425	18,5226g	18,5127g	55,5778g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

Comparando os resultados totais das três triplicatas, pode-se afirmar que a quantidade de material realizado para fabricação de uma pilha é diretamente proporcional ao seu tamanho. Neste contexto por apresentar quantidades maiores de Zinco, Grafite e Dióxido de Manganês as pilhas C representam maior índice de contaminação do meio ambiente.

No quadro 4 observa-se a quantificação total dos componentes das nove pilhas, sendo 38,3712g de Zinco; 11,3263g de Grafite e 83,6656g de Dióxido de Manganês.

**Quadro 4.** Quantificação total do Zinco, Grafite e Dióxido de Manganês das nove pilhas.

<b>Massa total em gramas das substâncias químicas</b>		
<b>Zinco</b>	<b>Grafite</b>	<b>Dióxido de Manganês</b>
38,3710g	11,3265g	83,6656g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

No processo de lavagem do Dióxido de Manganês para a extração do Cloreto de Amônia aferiu-se 3.200mL de solução do referido sal.

Para quantificação do Cloreto de Amônia utilizou-se o método de gravimetria de precipitação. Para tanto, coletou-se uma alíquota de 100mL da solução de Cloreto de Amônio obtida na lavagem da pasta eletrolítica das nove pilhas e adicionou-se lentamente Nitrato de Prata, até que a formação do precipitado de AgCl cessasse. Conforme a equação da reação (1):



Após a formação do precipitado, realizou-se a filtragem, secagem e pesagem obtendo 0,4633g de AgCl. Aferida a massa do Cloreto de Prata por meios de cálculos matemáticos e estequiométricos simples, concluiu-se que a concentração da solução de Cloreto de Amônio é 1,729g/L. Logo, conforme o quadro V, sendo 3.200mL o volume total da Solução de Cloreto de Amônio aferido extraiu-se 5.5328g de Cloreto de Amônio das nove pilhas.

**Quadro 5.** Quantificação do Cloreto de Amônio obtido em cada triplicata de pilhas.

<b>Massa em gramas do Cloreto de Amônio obtido na triplicata das pilhas.</b>			
<b>Pilhas AAA</b>	<b>Pilhas AA</b>	<b>Pilhas C</b>	<b>Total</b>
0,5227g	1,3347g	3,6754g	5.5328g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

Pelos valores obtidos nas triplicatas dos três tamanhos de pilhas no quadro 6 observa-se os valores médios das substâncias químicas separadas da amostra. Por apresentar tamanho maior que as demais, pode-se extrair de uma pilha C em média 8,5668g de Zinco; 2,2334g de Grafite; 18,5259g de Dióxido de Manganês e 1,2251g de Cloreto de Amônio.

**Quadro VI -** Valores Médios da massa de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio por tamanho de pilha.

<b>Valor médio da massa em gramas dos componentes extraídos da amostra</b>			
<b>Substâncias Químicas</b>	<b>Pilhas AAA</b>	<b>Pilhas AA</b>	<b>Pilhas C</b>
Zinco	1,8439g	2,3797g	8,5668g
Grafite	0,5511g	0,9910g	2,2334g
Dióxido de Manganês	2,6349g	6,7277g	18,5259g
Cloreto de Amônio	0,1742g	0,4449g	1,2251g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

Utilizando os valores médios aferidos, levando em consideração que os alunos recolheram o total de 107 pilhas, calculou-se o valor esperado da quantidade de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio que serão utilizados após análise da amostra inicial e determinação da aplicabilidade dessas substâncias químicas.

No Quadro 7 observa-se a massa de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio das 107 pilhas recolhidas pelos alunos. Diante dos valores médios encontrados na amostra inicial, pode-se afirmar que ao desmontar e separar os componentes destas pilhas provavelmente seja extraído um total de 262,5240g de Zinco; 93,3333g de Grafite; 602,8645g de Dióxido de Manganês e 39,9071g de Cloreto de Amônio.

**Quadro 7.** Massa esperada de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio das 107 pilhas.

<b>Valor esperado da massa dos componentes que serão extraídos em 107 pilhas</b>					
<b>Tamanhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Zinco</b>	<b>Grafite</b>	<b>Dióxido de Manganês</b>	<b>Cloreto de Amônio</b>
<b>Pilhas AAA</b>	43	79,2877g	23,6973g	113,3007g	7,4906g
<b>Pilhas AA</b>	59	140,4023g	58,4690g	396,9343g	26,2491g
<b>Pilhas C</b>	05	42,8340g	11,1670g	92,6295g	6,1255g
<b>Total Geral</b>	107	262,5240g	93,3333g	602,8645g	39,9071g

**Fonte:** Próprios Autores (2019).

Diante dos resultados apresentados na extração e quantificação das substâncias químicas a partir do experimento com as nove pilhas utilizadas no experimento e a projeção feita para o quantitativo das 107 pilhas recolhidas pelos alunos, é possível aferir a contribuição do estudo evitando que esta quantidade de resíduos tóxicos fossem descartados no lixão do município de Cajazeiras.

## CONCLUSÕES

Diante dos dados expostos na quantificação do Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio da amostragem inicial, pode-se concluir que de fato existem quantidades consideráveis destes componentes nas pilhas secas, sendo esta quantidade diretamente proporcional ao tamanho das pilhas. Portanto as pilhas C apresentam em sua composição uma quantidade maior de substâncias químicas, sendo extraídos das pilhas C em média 8,5668g de Zinco; 2,2334g de Grafite; 18,5259g de Dióxido de Manganês e 1,2251g de Cloreto de Amônio.

É sabido que o descarte final ambientalmente adequado para as pilhas é a reciclagem, pois por apresentarem características de corrosividade e toxicidade se jogados ao meio ambiente causam contaminação do solo, rios, lençóis freáticos, etc. Portanto, o grau de periculosidade das pilhas descarregadas inadequadamente justifica o anseio desta pesquisa.

Vale resaltar que os objetivos proposto de extrair e quantificar na amostra predeterminada a massa de Zinco, Grafite, Dióxido de Manganês e Cloreto de Amônio foi alcançado, representando a fase inicial desta pesquisa. Em trabalhos futuros pretende-se investigar as aplicações para os materiais extraídos das pilhas. Por exemplo, o Zinco pode ser utilizado no processo de galvanização; O Grafite como eletrodo em experimentos de eletrólise; o Dióxido de Manganês encontra aplicações como catalisadores na obtenção laboratorial clássica de oxigênio do clorato de potássio e também pode ser empregado em filtros para o tratamento de água em combinação com antracito, areia e cascalho; já o Cloreto de Amônio pode ser utilizado em laboratórios de química como base conjugada em soluções tampão com o Ácido Clorídrico e na indústria de fertilizantes.

## REFERÊNCIAS

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Disponível em: <[www.abinne.gov.br](http://www.abinne.gov.br)>. Acesso em: 11 de set. de 2019.

AFONSO, J. C; et al. **Processamento da pasta eletrolítica de pilhas usadas**. Quím. Nova vol.26 no.4 São Paulo July/Aug. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n4/16442.pdf>>. Acesso em 19 de set. 2019.

AKUMUS. Pilhas AA, AAA, D e C. **Conheça a nomenclatura e tamanhos**. Disponível em: <<http://www.blog.akumus.com.br/tamanho-e-nomenclatura-das-pilhas/>>. Acesso em: 25 de set. 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm)> Acesso em: 25 de set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 257/99, de 30 de junho de 1999**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html> Acessado em: 13 de set 2019.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos - **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Brasília Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm)>. Acesso em: 18 set. de 2019.

CAVALCANTE, R. D.; ALMEIDA, E. S.de; MOITA, M. H. V. **Logística reversa como ferramenta para redução dos impactos ambientais**: um exemplo a ser seguindo no tocante a reciclagem química e o descarte de pilhas no estado do Amazonas. XXIX encontro nacional de engenharia de produção. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_WIC\\_101\\_676\\_14182.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_WIC_101_676_14182.pdf)>. Acesso em: 24 de set. 2019.

CONTE, A. A. **Ecoeficiência, logística reversa e a reciclagem de pilhas e baterias: revisão.** RBCIAMB, n.39, P. 124-139, mar 2016. Disponível em <[http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed39/RBCIAMB\\_n39\\_124-139.pdf](http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed39/RBCIAMB_n39_124-139.pdf)>. Acesso em: 24 de set. 2019.

LARINI, L. **Toxicologia.** 3. Ed. São Paulo: Mamole, 1997.

PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **A Logística Reversa.** 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/a-logistica-reversa/>> Acesso em: 28 de set. 2019.

SUZAQUIM. INDÚSTRIAS QUÍMICAS LTDA. **Sistema de gestão Ambiental.** Suzano: SUZAQUIM, 2011.