



Educação Ambiental Voltada para a Reutilização do Cobre de Baterias Íon-Lítio na Determinação de Proteínas

Mayara Crepaldi da Silva ¹

Márcia Rodrigues de Moraes Chaves ²

Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira ³

Beatriz Antoniassi ⁴

RESUMO

O aproveitamento de resíduos de materiais eletrônicos, como as baterias íon-lítio utilizadas em celulares, notebook, entre outros, vem se tornando cada vez mais necessário. Isso ocorre devido ao crescimento acelerado do uso dessas novas tecnologias e, conseqüentemente, ao aumento no descarte desses componentes, que se feito de forma incorreta acaba por impactar o ambiente. O aproveitamento de resíduos e a prevenção à poluição dependem de ações de educação ambiental como base para o desenvolvimento de ações práticas que resultem na proteção do meio ambiente. No entanto, poucas são as ações que envolvam a educação ambiental no âmbito das Universidades, em conteúdos e atividades práticas não relacionadas à área ambiental. Diante do exposto, este estudo propôs o desenvolvimento de uma atividade prática a ser realizada na disciplina de Bromatologia, por meio da utilização de lâminas de cobre obtidas a partir de baterias íon-lítio descartadas, na preparação da solução catalisadora utilizada na quantificação de proteína pelo método de Kjeldhal. O objetivo foi demonstrar a viabilidade do aproveitamento de resíduos associado às técnicas analíticas. Desse modo, foi avaliada a eficiência da solução de sulfato de cobre obtida a partir das lâminas de cobre das baterias residuais, na determinação do teor de proteína contida em farinha de trigo. Verificou-se que o método utilizando o cobre reaproveitado das baterias é bastante eficiente, principalmente para uma aplicação didática, em que o foco é fazer o aluno aprender uma determinada técnica de análise, não havendo, a necessidade de um rigor quanto aos resultados obtidos. Desta forma, os alunos puderam não só compreender o conteúdo da disciplina como também modificar o método de análise através do reaproveitamento do resíduo das baterias, tornando-se assim, cidadãos mais conscientes e preparados para as novas formas de reuso de resíduos.

Palavras-Chave: Educação Ambiental; Bacharelado em Química; Reutilização; Cobre; Método de Kjeldhal.

¹ Graduação em andamento em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. mayara.crepaldi@hotmail.com.

² Doutorado em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil. Professora na Faculdade do Centro Oeste Paulista, FACOP, Brasil. marciachaves1973@gmail.com.

³ Doutorado em Ecologia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ-USP, Brasil. Professor na Universidade do Sagrado Coração, USC, Brasil. mvbsiqueira@gmail.com.

⁴ Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Professora na Universidade do Sagrado Coração, USC, Brasil.; e na Associação Educacional do Vale da Jurumirim, EDUVALE, Brasil. beatrizantoniassi@gmail.com.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

O advento da criação dos celulares tornou a telefonia móvel acessível à população mundial a partir de 1990. Neste ano, já totalizavam um milhão de usuários (Lee 2013), com o passar do tempo os custos diminuíram, e por consequência, o acesso ao consumo desse bem aumentou. É evidente o aumento no consumo de eletro-portáteis nos últimos anos, e a tendência é desse crescimento continuar. Entre esses eletrônicos está o celular, que atingiu em dezembro de 2014, a quantidade aproximada de 280,7 milhões de aparelhos no Brasil, colocando-o em um dos primeiros no ranking mundial, segundo a Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel (Teleco 2014). Isso provém da necessidade pessoal de manter-se conectado ao mundo, já que os aparelhos celulares oferecem também funcionalidades semelhantes às de computadores, incluindo jogos, músicas, notícias, acesso à internet e às redes sociais, além de quase substituir o relógio de pulso e as câmeras fotográficas (Vieira et al. 2009; Soares & Camara 2016).

A bateria é um componente fundamental para o funcionamento desses dispositivos eletrônicos e, conseqüentemente, para a continuação deste crescente fluxo. Assim, os fabricantes de celulares necessitam de uma maior demanda de recursos para produção das baterias (Ferreira et al. 2011; Horta et al. 2015). Além disso, existe a necessidade de um maior aporte para pesquisas e projetos de tecnologias melhores e mais eficientes que façam com que a durabilidade da bateria seja maior, evitando desta forma o aumento no descarte das mesmas (Busnardo et al. 2007).

Segundo Giaretta et al. (2010) a contaminação ambiental e os agravos à saúde decorrentes da má gestão dos resíduos sólidos, inclusive aqueles do pós-consumo, têm sido computados como externalidades do sistema produtivo industrial. Resíduos do pós-consumo, entre eles os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, principalmente os que contêm substâncias perigosas, representam ameaça ao meio ambiente e risco à saúde humana, cuja gestão ambiental, no país, não se efetiva devido à ausência de uma presença mais consistente de regulação por parte do Estado. Atualmente várias metodologias têm sido empregues para recuperar esses resíduos, reduzindo substancialmente os níveis de contaminação para o homem e o ambiente (Kiddee et al. 2013).

Neste sentido, existem grandes problemas no descarte de baterias íon-lítio, sendo um deles, relacionado com os solventes orgânicos, que são tóxicos e inflamáveis, e junto com sais de lítio, como LiPF_6 e LiClO_4 , em contato com o ar, reagem e formam gases extremamente poluentes, podendo provocar explosões (Jha et al. 2013). Há também a possibilidade de contaminação do solo e da água (Kumar et al. 2017), resultantes da lixiviação da bateria pela água da chuva ou pelo chorume gerado pela decomposição da matéria orgânica dos lixos domésticos (Peres & Bertuol 2012).

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

Muitas tecnologias têm sido desenvolvidas para a reciclagem de componentes eletroeletrônicos, com especial interesse na recuperação dos metais de maior valor agregado, como o cobalto (Barbieri et al. 2014a; Barbieri et al. 2014b). Os principais processos de reciclagem de baterias de íons de lítio existentes até o momento são baseados em processos piro metalúrgicos, que exigem grandes quantidades de energia e são caros. Estes processos são úteis quando se considera a variabilidade da composição química de diferentes marcas e modelos de bateria. No entanto, o produto final de metal precisa de tratamento para o refinamento de metais. Além disso, há a queima de materiais não metálicos (grafite, eletrólito e carcaça da bateria), materiais potenciais de aplicação sendo destruídos em outras atividades (Paulino et al. 2008; Sun & Qiu 2011; Zeng et al. 2014). Os processos hidrometalúrgicos são uma combinação de separação e recuperação de metais. Eles geralmente envolvem dissolução, tratamento térmico, lixiviação ácida, biolixiviação, extração por solventes, química de precipitação e eletroquímica (Lee & Rhee 2002; Zhang et al. 2002; Xu et al. 2008; Li et al. 2009; Ferreira et al. 2009; Kang et al. 2010). A pureza dos produtos obtidos e a alta eficiência de separação são maiores em comparação aos processos piro metalúrgicos, mas ainda apresentam problemas com a geração de produtos tóxicos (Ekermo 2009).

A logística reversa tem sido implementada para recuperar parte desses materiais (Vieira et al. 2009; Oliveira et al. 2015). Além disso, a logística reversa é uma excelente alternativa para as empresas recuperarem os materiais pós-consumo, na qual a qualidade dos resíduos é maior e podem ser aproveitados como matéria-prima para o processo produtivo (Azevedo et al. 2019). Sheu e Talley (2011) entendem que o interesse acadêmico por estudos sobre a logística reversa possui relação direta com o conceito de responsabilidade estendida do produtor, em que indústrias devem formular estratégias para realizar o retorno e destinação final ambientalmente adequada de seus produtos, com vistas a reduzir a agressão ao meio ambiente. Neste sentido, o sucesso da logística reversa depende da educação ambiental da população (Lima et al. 2015).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, considerando os impactos que o descarte incorreto de pilhas e baterias usadas causa ao meio ambiente e à saúde humana, estabeleceu, pela Resolução nº 257 de 30 de junho de 1999, regras para o gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos gerados após o consumo destes produtos (Brasil 1999).

No entanto, de nada se fará valer as Leis e Resoluções, se a população não for construída e orientada ambientalmente, visto que a Educação Ambiental exerce um papel fundamental de sensibilização e conscientização dos cidadãos (Souza 2013; Silva et al. 2014). Adotar estratégias na

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

redução do consumo, reutilização de materiais e reciclagem dos resíduos são algumas dessas diretrizes obrigatórias na formação de cada um. Já é muito bem documentado a eficiência do trabalho da educação ambiental no ensino básico (Rocha et al. 2010; Pitanga 2016; Silva et al. 2017), já que a criança é um agente multiplicador e, no desenvolvimento infantil, são maiores as chances de se alcançar uma consciência ambiental efetiva (Travassos 2006; Reigota 2010). Porém, acredita-se que a continuidade dessa educação no ensino superior será efetiva para sensibilização não só dos alunos, mas também dos professores e funcionários envolvidos diretamente na geração desses resíduos. A educação ambiental voltada aos alunos de graduação é essencial, uma vez que permite ações corretivas, em função da falta de contato com a educação ambiental no ensino básico (Santos & Silva 2017). Também permite o desenvolvimento das habilidades e competências relacionadas ao meio profissional no qual será inserido, com uma visão sistêmica do ambiente. A possibilidade de apresentar esses resultados em Feiras e *Workshops* no *campus* da Universidade só amplia o raio de ação dessas medidas.

A Universidade do Sagrado Coração – USC (SP) desenvolve projetos de Educação Ambiental e de Desenvolvimento Sustentável como componentes das atividades de extensão que são organizados em áreas temáticas que correspondem aos campos teóricos do conhecimento tais como comunicação, cultura, educação, meio ambiente, saúde, tecnologia e produção, desenvolvimento socioeconômico, gestão e cidadania e trabalho (Lobo et al. 2018; Tamachunas et al. 2018). Estes projetos mostram a preocupação com o meio ambiente e sua preservação, no entanto, são realizados para um grupo específico de alunos e fora da sala de aula. Desta forma o presente trabalho buscou trazer para a sala de aula, em uma disciplina semestral, a questão da reutilização de materiais visando a educação ambiental nas atividades práticas da disciplina curricular de Bromatologia do curso de bacharelado em Química da Universidade do Sagrado Coração, em Bauru (SP).

Diante do exposto, e da noção em aspecto ambiental e danos à saúde, verifica-se a necessidade de ensinar o correto descarte das baterias descarregadas de celulares, e também, formas de reutilizar seus componentes (Armand & Tarascon 2001; Espinosa et al. 2004; Espinosa & Tenório 2005). Objetivou-se neste trabalho o reaproveitamento do cobre obtido de baterias íon-lítio descarregadas, no preparo de uma solução de sulfato de cobre, utilizada na determinação de proteína, contida em farinha de trigo, através do Método de Kjeldhal.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Química da Universidade Sagrado Coração – USC, na cidade de Bauru/SP e realizado com alunos do curso de Bacharelado em Química, na disciplina de Bromatologia.

COLETA E DESMONTE INDIVIDUALIZADO DAS BATERIAS

Foi elaborada uma campanha no campus da Universidade visando conscientizar ambientalmente a comunidade acadêmica sobre o descarte correto de pilhas e baterias, incluindo as baterias íon-lítio descarregadas e desta forma arrecadar as baterias necessárias para o desenvolvimento do trabalho. A campanha foi desenvolvida a partir de reuniões prévias com os alunos, e posteriormente estes foram de sala em sala, apresentando o projeto e os objetivos que o norteavam

Após a coleta das baterias e já em sala de aula, foi explicado aos alunos que o desmonte individualizado das baterias deve ser feito com bastante cautela visto que os solventes orgânicos, junto com os sais de lítio, são tóxicos e em contato com o ar reagem e formam gases extremamente poluentes que podem provocar explosões (Linden & Reddy 2008). Para tanto os alunos utilizaram um resistor que simulou uma carga nos polos da bateria para garantir que a mesma se encontrava completamente descarregada. Foi ligado ao resistor um amperímetro (em série) e um voltímetro (em paralelo), os quais informaram a corrente e tensão de descarga. Somente quando os mesmos apresentaram níveis seguros, próximos à zero, foi dado continuidade ao processo de abertura das baterias.

Posteriormente à abertura da bateria, foi feita a separação dos seus componentes: cobre, alumínio, cátodo (LiC_6) e ânodo (LiCoO_2), sendo que neste trabalho foi utilizada apenas a lâmina de cobre que foi lavada e pesada para a realização dos ensaios de substituição da mistura catalisadora na determinação de proteínas.

PREPARO DAS SOLUÇÕES

Nesta etapa, os alunos foram divididos em 03 grupos, sendo que cada grupo preparou uma solução de sulfato de cobre, a partir das folhas de cobre das baterias descarregadas para em seguida, determinar qual seria o melhor método para a modificação da mistura catalisadora da reação. Desta forma, ficou definido os seguintes grupos com as respectivas soluções:

- Grupo e Solução 01: Cobre reaproveitado das baterias (33g) + 200 mL de água destilada + 200 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

- Grupo e Solução 02: Cobre reaproveitado das baterias (03 g) + 56 mL de ácido sulfúrico concentrado +10 mL de peróxido de hidrogênio, aquecendo até 60°C.
- Grupo e Solução 03: Cobre reaproveitado das baterias (05 g) + 50 mL de ácido sulfúrico concentrado + 50 mL de peróxido de hidrogênio, sem aquecimento.

A escolha das quantidades utilizadas foi feita com base em testes preliminares e também pesquisas bibliográficas.

MISTURA CATALISADORA

O método Kjeldhal é o método oficial utilizado na determinação do teor de proteínas em amostras de alimentos (AOAC 2012), sendo obrigatório o seu conhecimento na disciplina de bromatologia, associada aos cursos de química, farmácia e engenharia de alimentos. O princípio do método consiste na digestão ácida da amostra, no deslocamento do nitrogênio contido na proteína, formando o sulfato de amônio e depois na sua quantificação por destilação com ácido clorídrico (Kroling et al. 2018). Desse modo, a etapa de digestão ácida das substâncias complexas é fundamental para que o nitrogênio proteico seja liberado para a solução. O uso de catalisadores aumenta a eficiência da etapa de digestão e, conseqüentemente, garante a confiabilidade do método analítico.

A mistura catalisadora empregada no método Kjeldhal consiste em sulfato de potássio e sulfato de cobre, numa proporção de 96% e 4%, respectivamente. O cobre é utilizado para acelerar a reação na análise de proteína, no método de Kjeldhal. No procedimento padrão de determinação de proteína pelo método de Kjeldhal (AOAC 2012) pesa-se 0,2 g da amostra que se deseja analisar, 2,5 g da mistura catalisadora e 05 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Desta forma, os alunos realizaram a determinação da quantidade de proteína presente em farinha de trigo, sempre comparando os resultados dos ensaios das novas soluções do cobre reutilizado das baterias com a mistura catalisadora convencional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizada uma campanha de conscientização sobre o correto descarte de baterias descarregadas, dando enfoque aos danos ambientais provocados por baterias descartadas incorretamente em lixões. Os alunos passaram em todas as salas de aula da Universidade explicando sobre o tema e em seguida foi feita a orientação sobre os locais de coleta dessas baterias. Verificou-se uma efetiva participação da comunidade acadêmica, sendo que durante as duas primeiras semanas de campanha foram arrecadadas mais de 250 baterias de celulares de diversos modelos e fabricantes,

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

conforme apresentado na Figura 1. Assim, foi realizada uma triagem das baterias arrecadadas, sendo utilizadas apenas baterias de mesmo fabricante e modelo neste projeto, para evitar variação de composição e qualidade do resíduo utilizado.

Figura 1. Baterias de lítio coletadas durante a campanha de coleta seletiva na Universidade do Sagrado Coração – USC (SP).



Fonte: Os Autores.

Nnorom e Osibanjo (2008) demonstraram que os níveis de chumbo, cádmio, níquel e prata presente nos plásticos de celulares não constituem um problema se manejados de maneira correta, entretanto se tornam perigosos para o meio ambiente e à saúde humana caso queimados em céu aberto. Metais pesados presentes nos aparelhos celulares são as principais preocupações levantadas devido ao alto grau de poluição, seja do solo, da água ou o risco que apresenta à saúde humana, como causadores de câncer. Lim e Schoemug (2010) revelam que os principais metais pesados presentes em um celular são, por ordem decrescente de massa, cobre, zinco, chumbo, níquel, bário e antimônio.

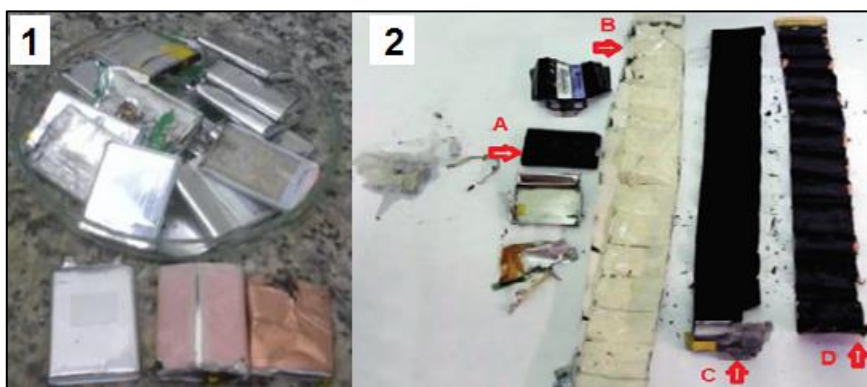
Após confirmar que as baterias estavam descarregadas, os alunos iniciaram a etapa de abertura das mesmas e separação da lâmina de cobre que seria utilizada neste projeto. Os demais componentes foram armazenados para trabalhos futuros. A Figura 2 apresenta os componentes da bateria desmontada.

A escolha da utilização do cobre da bateria foi baseada em alguns fatores a saber: a) pelo fato de o método de Kjeldhal utilizar uma mistura catalisadora contendo este metal; b) porque a determinação de proteínas por esse método era parte integrante do conteúdo de Bromatologia, disciplina cursada pelos estudantes envolvidos no projeto; e c) também pelo fato deste metal ser um contaminante ambiental. O cobre possui tempo de meia vida de 310 a 1500 anos e, quando acumulado

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

no solo, é excluído muito vagarosamente através de lixiviação, incorporação em plantas e no lençol freático ou ainda por erosão (Silva et al. 2008). Sendo assim, esse metal volta ao contato com o homem, podendo então trazer mais um tipo de contaminação, que quando em excesso, causa câncer e pode ser letal.

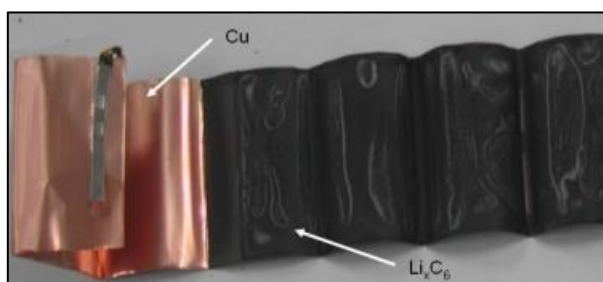
Figura 2. Bateria após a retirada da carcaça plástica (1); Componentes de uma bateria desmontada (2): (A) carcaça plástica; (B) material polimérico; (C) lâmina de alumínio com o catodo LiCoO_2 ; (D) lâmina de cobre com o ânodo LiC_6 .



Fonte: Kameoka et al. (2009).

A Figura 3 mostra a folha de cobre, como extraído, das baterias de celulares. O ânodo (Li_xC_6) foi retirado da lâmina de cobre utilizando a técnica de lixiviação (Lee & Rhee 2002; Li et al. 2011) e este pó foi armazenado para trabalhos futuros.

Figura 3. Folha de cobre onde está depositado o ânodo da bateria de lítio.



Fonte: Os autores.

A lâmina de cobre foi então lavada e pesada para a preparação das soluções que seriam testadas como substitutas da mistura catalisadora. A Figura 4 representa o processo de preparação da solução de Sulfato de Cobre.

Os alunos realizaram diversos testes com cada uma das soluções preparadas, visando a substituição da mistura catalisadora padrão que é composta de 96 g de K_2SO_4 e 4 g de CuSO_4 , ou seja, o objetivo era deixar de utilizar essa mistura catalisadora, diminuindo assim os gastos com compra de

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

reagentes, descartes dos mesmo e ainda reutilizar o cobre das baterias descarregadas. Dentre as soluções analisadas, a Solução 01 preparada pelo Grupo 01 apresentou os melhores resultados, portanto a mesma foi escolhida para a análise com a farinha de trigo.

Figura 4. Esquemático do procedimento de preparação das soluções de Sulfato de Cobre durante a aula prática: 1) cobre como componente da bateria após uso; 2) obtenção das lâminas de cobre após abertura da bateria, contendo o ânodo; 3) preparação da solução ácida digestora; 4) lâminas de cobre após lavagem; 5) solução de sulfato de cobre.



Fonte: Os autores.

Desta forma foi utilizado 0,2010 g de três diferentes amostras de farinha de trigo e 20 mL da Solução 01. A Tabela 1 apresenta os resultados da % de proteína obtida com a análise pelo método de Kjeldhal modificado com a utilização do cobre reaproveitado em comparação com o método padrão de análise e também com a quantidade proteína indicada no rótulo pelo fabricante.

Tabela 1. Análise das amostras de três variedade de farinha de trigo comercial, de uso doméstico, realizadas na Universidade do Sagrado Coração – USC (SP).

Amostra	% Proteína método Kjeldhal modificado	% Proteína método Kjeldhal padrão	% Proteína Rótulo
Farinha Arapongas	10,44	11,12	14,00
Farinha Celina	12,80	9,15	10,00
Farinha Dona Benta	8,76	8,60	10,00

Fonte: Os autores.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Cidasc 2005) o teor mínimo de proteína para farinha de trigo varia de 7,5-8,0% e de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa (Brasil 2003) os teores de proteína obtidos por análise e os indicados pelo fabricante, podem ter uma diferença de até 20%. E em todas as análises os valores foram abaixo do estabelecido.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

No caso da farinha Celina que apresentou valores superiores que o indicado no rótulo, quando da utilização do cobre reaproveitado, os alunos pesquisaram e chegaram à conclusão de que neste caso houve uma interação da proteína com o catalisador, podendo ser essa mais solúvel.

O método modificado utilizando o cobre reaproveitado das baterias é bastante eficiente, principalmente para uma aplicação didática, em que o foco é possibilitar o aluno aprender uma determinada técnica de análise, não havendo, portanto, um rigor quanto aos resultados obtidos.

Verificou-se que é possível dar um destino ambientalmente correto ao cobre das baterias íon-lítio descarregadas através do preparo de soluções de sulfato de cobre, que podem ser utilizadas em diversas áreas da Química, e também, na determinação de proteína pelo método de Kjeldhal, na substituição da mistura catalisadora. Desta forma, o cobre em solução reagirá mais facilmente com as proteínas, que são hidrossolúveis, fazendo a quebra das mesmas. Agindo como a mistura catalisadora, além de acelerar a reação, substitui o sulfato de potássio, diminuindo a perda de amônia durante a digestão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse estudo e das análises foi possível utilizar o cobre reaproveitado das baterias para determinação de proteínas, com variação do resultado dentro dos limites aceitáveis.

Os resultados com valores superiores aos esperados são atribuídos ao fato de o cobre estar em solução, fazendo a quebra das ligações mais facilmente, devido à maior interação com o material em análise. No entanto, o método tem que ser aprimorado, visto que essa solução de sulfato de cobre deixa muitos resíduos no destilador, que podem interferir no momento da titulação e quantificação da amônia, mascarando o teor de nitrogênio da amostra e conseqüentemente, o teor de proteína. Um estudo futuro, deve se embasar na filtração da solução mais vezes.

Apesar da necessidade de ajustes no método analítico, o principal objetivo foi alcançado, ou seja, a educação ambiental foi realizada de modo transdisciplinar ao utilizar o aproveitamento de resíduos na produção de reagente analítico para a determinação de proteínas em produtos alimentícios. Assim, os alunos foram conduzidos à reflexão sobre as práticas profissionais e seus impactos sobre o ambiente, por meio da construção do conhecimento dentro da sala de aula.

REFERÊNCIAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 2012. *Official methods of analysis*. 19.ed. Arlington.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

- Armand M, Tarascon J 2001. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Insight Review Articles*, 414:359-367.
- Azevedo LP, Araújo FGS, Lagarinhos CAF, Tenório JAS, Espinosa DCR 2019. Resource recovery from e-waste for environmental sustainability: a case study in Brazil. *Electronic Waste Management and Treatment Technology*, 2019:175-200.
- Barbieri EMS, Lima EPC, Lelis MFF, Freitas MBJG 2014a. Recycling of cobalt from spent Li-ion batteries as β -Co(OH)₂ and the application of Co₃O₄ as a pseudo capacitor. *Journal of Power Sources*, 270:158-165.
- Barbieri EMS, Lima EPC, Cantarino SJ, Lelis MFF, Freitas MBJG 2014b. Recycling of spent ion-lithium batteries as cobalto hydroxide, and cobalt oxide films formed under a conductive glass substrate, and their electrochemical properties. *Journal of Power Sources*, 269:158-163.
- Brasil 1999. *Resolução n. 257, de 30 de junho de 1999*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília.
- Brasil 2003. *Resolução RDC n. 360, 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).
- Busnardo NG, Paulino JF, Afonso JC 2007. Recuperação de Cobalto e de Lítio de baterias íon-lítio usadas. *Química Nova*, 30(4):995-1000.
- CIDASC 2005. *Instrução Normativa n. 8 de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [Acesso 15 de mar de 2015]. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/classificacao/files/2012/08/INM00000008.pdf>.
- Ekermo V 2009. *Recycling opportunities for Li-ion batteries from hybrid electric vehicles*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Chalmers University of Technology, Gotemburgo, 42pp.
- Espinosa DCR, Bernardes AM, Tenório AJS 2004. An overview on the current processes for the recycling of batteries. *Journal of Power Sources*, 135(1-2):311-319.
- Espinosa DCR, Tenório JAS 2005. Reciclagem De Baterias: Análise da Situação Atual no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 2:14-20.
- Ferreira D, Dey AK, Kostakos V 2011. Understanding Human-Smartphone Concerns: A Study of Battery Life. *Pervasive Computing*, 6696:19-33.
- Ferreira DA, Prados LMZ, Majuste D, Mansur MB 2009. Hydrometallurgical separation of aluminium, cobalt, copper and lithium from spent Li-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 187(1):238-246.
- Pitanga AF 2016. Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 18(3):141-159.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

- Giaretta JBZ, Tanigushi DG, Sergent MT, Vasconcellos MP, Günther WMR 2010. Hábitos relacionados ao descarte pós-consumo de aparelhos e baterias de telefones celulares em uma comunidade acadêmica. *Saúde e Sociedade*, 19(3):674-684.
- Horta A, Fonseca S, Truninger M, Nobre N, Correia A 2015. Mobile phones, batteries and power consumption: An analysis of social practices in Portugal. *Energy Research & Social Science*. 13(2016):15-23.
- Jha MK, Kumari A, Jha AK, Kumar V, Hait J, Pandey BD 2013. Recovery of lithium and cobalt from waste lithium ion batteries of mobilephone. *Waste Management*, 33(9):1890-1897.
- Kameoka F, Espinosa DCR, Tenório JAS 2009. Sustentabilidade na indústria eletrônica: reciclagem de cobre e alumínio de baterias de íons de lítio. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*. 5(4):219-223.
- Kang J, Senanayake G, Sohn J, Shin SM 2010. Recovery of cobalt sulfate from spent lithium ion batteries by reductive leaching and solvent extraction with Cyanex 272. *Hydrometallurgy*, 100(3-4):168-171.
- Kiddee P, Naidu R, Wong MH 2013. Electronic waste management approaches: An overview. *Waste management*, 33(5):1237-1250.
- Kroling I, Canuto SHR, Brito KS, Stieven AC 2018. Quantificação de proteínas provenientes em alimentos típicos do Estado de Mato Grosso. *Connectionline*, 18(2018):148-157.
- Kumar A, Holuszko M, Espinosa DCR 2017. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 122:32-42.
- Lee A 2013. 40 years of the mobile phone: Top 20 facts. [Publicado 03 de abr de 2013. Acesso 07 de jul de 2019]. Disponível em: <http://www.express.co.uk/news/science-technology/388974/40-years-of-the-mobile-phone-Top-20-facts>.
- Lee CK, Rhee K-I 2002. Preparation of LiCoO₂ from spent lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 109(1):17-21.
- Li J, Shi P, Wang Z, Chen Y, Chang C-C 2009. A combined recovery process of metals in spent lithium-ion batteries. *Chemosphere*, 77(8):1132-1136.
- Li L, Chen R, Sun F, Liu J 2011. Preparation of LiCoO₂ films from spent lithium-ion batteries by a combined recycling process. *Hydrometallurgy*, 108(3-4):220-225.
- Lim S-R, Schoenung JM 2010. Toxicity potentials from waste cellular phones, and a waste management policy integrating consumer, corporate, and government responsibilities. *Waste Management*, 30(8-9):1653-1660.
- Lima AFO, Sabiá RJ, Teixeira RNP, Sobreira Júnior FAV 2015. Gestão de resíduos eletroeletrônicos e seus impactos na poluição ambiental. *Latin American Journal of Business Management*, 6(2):109-126.
- Linden D, Reddy TB (eds.) 2008. *Handbook of Batteries*. McGraw-Hill Handbooks, Nova Iorque.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

- Lobo TF, Oliveira FC, Morgado BT, Siqueira MVBM 2018. Different mixtures of substrates with composted sewage sludge enriched and commercial substrate Quaresmeira. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 7(1):326-340.
- Nnorom IC, Osibanjo O 2008. Overview of electronic waste (e-waste), management practices and legislation, and their poor applications in the developing countries. *Resources Conservation and Recycling*, 52(6):843-858.
- Oliveira EL, Machado NS, Favretto J 2015. Logística reversa no descarte de baterias e celulares comercializados em Chapecó (SC): subsídios à construção de um modelo de gestão. *Anais. IV SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo.
- Paulino JF, Busnardo NG, Afonso JC 2008. Recovery of valuable elements from spent Li-batteries. *Journal of Hazardous Materials*, 150(3):843-849.
- Peres B, Bertuol DA 2012. Reciclagem de baterias de íons de lítio de aparelhos celulares: recuperação do solvente orgânico do eletrólito através da adsorção em carvão ativado. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 5(5):850-856.
- Reigota M 2010. *O que é Educação Ambiental?*. Editora Brasiliense, São Paulo.
- Rocha AC, Ceretta GF, Carvalho AP 2010. Lixo eletrônico: um desafio para a gestão ambiental-waste: a challenge for environmental management. *Revista Techo@eng*, 2(1):35-49.
- Soares SSD, Camara GCV 2016. Tecnologia e subjetividade: impactos do uso do celular no cotidiano de adolescentes. *Pretextos*, 2:203-222.
- Santos FR, Silva AM 2017. A importância da educação ambiental para graduandos da Universidade Estadual de Goiás: Campus Morrinhos. *Interações (Campo Grande)*, 18(2):71-85.
- Sheu J, Talley W 2011. Green supply chain management: trends, challenges, and solutions. *Transportation Research Part E*, 47(2011):791-792.
- Silva CHF, Martins MPA, Lapa BC, Badr E 2017. A educação ambiental e a participação popular. *Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 10(21):143-151.
- Silva EA, Oliveira CAM, Cunha RRCA, Soares RVS, Teixeira VD, Guenther M 2014. Educação ambiental voltada para reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos no ambiente escolar: um estudo de caso no ensino fundamental em Recife (PE). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 9(2):412-423.
- Silva MLS, Trevizam AR, Vitti GC 2008. Copper and zinc quantification in contaminated soil as evaluated by chemical extractants. *Scientia Agricola*, 65(6):665-673.
- Souza GS, Machado PB, Reis VR, Santos A, Dias VB 2013. Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 8(2):118-130.
- Sun L, Qiu K 2011. Vacuum pyrolysis and hydrometallurgical process for the recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries. *Journal of Hazardous Materials*, 194:378-384.

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

- Tamachunas V, Franzolin AB, Antoniassi B, Siqueira MBM 2018. Plantando Sorrisos: Uma prática ambiental e social com o Centro de Progressão Penitenciária III “Prof. Noé Azevedo”. *Revista Ciência em Extensão*, 14(3):170-180.
- Teleco. Estatísticas de celulares no Brasil. [Publicação 2014. Acesso 05 de fev de 2015]. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/ncl.asp>.
- Travassos EG 2006. *A prática de educação ambiental nas escolas*. Mediação, Porto Alegre.
- Vieira KN, Soares TOR, Soares LR 2009. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem. *Revista de gestão social e ambiental*, 3(3):120-136.
- Xu J, Thomas HR, Francis RW, Lum KR, Wang J, Liang B 2008. A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries. *Journal of Power Sources*, 177(2):512-527.
- Zeng X, Li J, Singh N 2014. Recycling of Spent Lithium-Ion Battery: A Critical Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(10):1129-1165.
- Zhang SS, Jow TR, Amine K, Henriksen GL 2002. LiPF₆-EC-EMC electrolyte for Li-ion battery. *Journal of Power Sources*, 107(1):18-23.

Environmental Education Focused on Reuse of Copper Lithium-Ion Batteries in Protein Determination

ABSTRACT

The use of residues of electronic materials, such as lithium-ion batteries used in mobile phones, notebook computers, among others, is becoming more and more necessary. This is due to the accelerated growth of the use of these new technologies and, consequently, to the increase in the disposal of these components, which if done incorrectly ends up impacting the environment. The use of waste and prevention of pollution depend on actions of environmental education as a basis for the development of practical actions that result in the protection of the environment. However, there are few actions that involve environmental education within universities, in content and practical activities not related to the environmental area. In view of the above, this study proposed the development of a practical activity to be carried out in the discipline of Bromatology, through the use of copper slabs obtained from discarded lithium-ion batteries, in the preparation of the catalyst solution used in protein quantification by method of Kjeldhal. The objective was to demonstrate the feasibility of waste recovery associated with analytical techniques. In this way, the efficiency of the copper sulphate

Educação Ambiental Voltada para a Reutilização do Cobre de Baterias Íon-Lítio
na Determinação de Proteínas

Mayara Crepaldi da Silva; Márcia Rodrigues de Moraes Chaves;
Marcos Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira; Beatriz Antoniassi

solution obtained from the copper slabs of the residual batteries was evaluated in the determination of the protein content in wheat flour. It was verified that the method using the reused copper of the batteries is very efficient, mainly for a didactic application, in which the focus is to make the student to learn a certain technique of analysis, not having, the necessity of a rigor in the obtained results. In this way, students were able to not only understand the content of the course but also to modify the method of analysis by reusing the waste batteries, thus becoming more aware and prepared citizens for the new forms of waste reuse.

Keywords: Environmental Education; Higher Education; Reuse; Copper; Kjeldahl Method.

Submissão: 04/07/2018
Aceite: 12/02/2019