

## Abordagem investigativa-experimental de eletroquímica utilizando materiais eletroeletrônicos descartados

Investigative-experimental approach to electrochemistry using discarded electro-electronic materials

Aproximación investigadora-experimental a la electroquímica utilizando materiales electroelectrónicos de desecho

Recebido: 14/02/2023 | Revisado: 22/02/2023 | Aceitado: 23/02/2023 | Publicado: 27/02/2023

### Gabriel Henrique Sperandio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6532-1786>  
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
E-mail: gabriel-s@hotmail.com

### Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2903-862X>  
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
E-mail: odilaine.cd@yahoo.com.br

### Efraim Lázaro Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4285-8892>  
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
E-mail: efraimreis@gmail.com

### César Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4783-9634>  
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
E-mail: cesareis2011@gmail.com

### Resumo

O foco deste trabalho foi a elaboração de um produto aplicável ao ensino de Química na educação básica, priorizando a abordagem investigativa-experimental. Buscou-se investigar, em uma turma da segunda série do ensino médio, como o uso do produto desenvolvido, a partir de uma perspectiva investigativa, enriquece o processo de ensino de Química e promove uma aprendizagem significativa. Desta forma, foi desenvolvida uma sequência didática na qual o professor atua como mediador do processo, experimentando uma condição de trabalho horizontalizada, em que o estudante é o sujeito da sua própria aprendizagem. O tema abordado foi eletroquímica, com ênfase em medidas de condutância e execução de eletrólise. As avaliações de aprendizagem prévia e pós a aplicação da sequência didática foram desenvolvidas para que se obtivesse um parâmetro de comparação do conhecimento construído ao longo do processo. O produto educacional, denominado kit de eletroquímica, foi desenvolvido pelos próprios alunos, com acompanhamento do professor pesquisador, com materiais reutilizados a partir do lixo eletroeletrônico e permitiu seu uso por professores em escolas que possuam ou não laboratório de Química. A adoção dessa metodologia de trabalho para o ensino da eletroquímica permitiu uma gama de discussões em sala de aula, uma vez que a sequência didática adotada tangenciou a Química ambiental.

**Palavras-chave:** Ensino por investigação; Experimentação; Eletroquímica; Eletrólise; Lixo eletroeletrônico.

### Abstract

The focus of this work was the elaboration of a product applicable to the teaching of Chemistry in basic education, prioritizing the investigative-experimental approach. We sought to investigate, in a second grade high school class, how the use of the developed product, from an investigative perspective, enriches the Chemistry teaching process and promotes meaningful learning. In this way, a didactic sequence was developed in which the teacher acts as a mediator of the process, experiencing a horizontal working condition, in which the student is the subject of his own learning. The topic addressed was electrochemistry, with an emphasis on conductance measurements and electrolysis execution. The assessments of prior learning and after the application of the didactic sequence were developed to obtain a parameter for comparing the knowledge built throughout the process. The educational product, called an electrochemistry kit, was developed by the students themselves, accompanied by the researcher professor, with materials reused from the electronic waste and allowed its use by teachers in schools that have or not a Chemistry laboratory. The adoption of this work methodology for the teaching of electrochemistry allowed a range of discussions in the classroom, since the didactic sequence adopted touched environmental Chemistry.

**Keywords:** Research teaching. Experimentation. Electrochemistry. Electrolysis. Electronic waste.

## Resumen

El enfoque de este trabajo fue la elaboración de un producto aplicable a la enseñanza de la Química en la educación básica, priorizando el enfoque investigativo-experimental. Buscamos investigar, en una clase de segundo grado de secundaria, cómo el uso del producto desarrollado, desde una perspectiva investigativa, enriquece el proceso de enseñanza de la Química y promueve el aprendizaje significativo. De esta forma, se desarrolló una secuencia didáctica en la que el docente actúa como mediador del proceso, experimentando una condición de trabajo horizontal, en la que el alumno es sujeto de su propio aprendizaje. El tema tratado fue electroquímica, con énfasis en medidas de conductancia y electrólisis. Las valoraciones de los aprendizajes previos y posteriores a la aplicación de la secuencia didáctica se desarrollaron con el fin de obtener un parámetro de comparación de los conocimientos construidos a lo largo del proceso. El producto educativo, denominado kit de electroquímica, fue desarrollado por los propios alumnos, con el seguimiento del docente investigador, con materiales reutilizados de desechos electrónicos y permitió su uso por docentes en escuelas que cuentan o no con laboratorio de química. La adopción de esta metodología de trabajo para la enseñanza de la electroquímica permitió una variedad de discusiones en el aula, ya que la secuencia didáctica adoptada se refería a la química ambiental.

**Palabras clave:** Enseñanza por investigación; Experimentación; Electroquímica; Electrólisis; Residuos electrónicos.

## 1. Introdução

O presente trabalho foi realizado em uma escola da rede particular de ensino de agosto a dezembro de 2018, durante o curso de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), com o foco na elaboração de um produto aplicável ao ensino de química na educação básica, priorizando a abordagem investigativa-experimental.

O Programa de Mestrado em Química em Rede Nacional (PROFQUI) tem como um dos objetivos desenvolver metodologias de ensino que possam facilitar a aprendizagem em sala de aula, além de tornar a disciplina mais agradável e atraente aos estudantes. O desenvolvimento dessas novas metodologias pode ocorrer por meio de roteiros de sequências didáticas, aplicativos para computador ou celular, elaboração de cartilhas ou apostilas, denominados de produto educacional.

Assim, buscou-se investigar, em uma turma da segunda série do ensino médio, se a aplicação do produto educacional desenvolvido, a partir de uma perspectiva investigativa, enriquece o processo de ensino de química e promove uma aprendizagem significativa. Desta forma, foi desenvolvida uma sequência didática na qual o professor atua como mediador do processo, experimentando uma condição de trabalho horizontalizada, em que o estudante é o sujeito da sua própria aprendizagem (Munford & Lima, 2007).

Na perspectiva da aprendizagem significativa, o conhecimento é fruto da interação do indivíduo com o objeto de conhecimento, o meio e as relações interpessoais, sendo subjetivo e dependente do indivíduo, não podendo ser transmitido de um alguém a outro alguém. A fim de compreender como a adoção dessa linha de trabalho para o processo de aprendizagem é relevante, adotou-se essa metodologia de trabalho no desenvolvimento do tema Eletroquímica, levando-se em consideração a dificuldade apresentada pelos estudantes do ensino médio. As avaliações de aprendizagem prévia e pós a execução da sequência didática foram aplicadas visando obter um parâmetro de comparação do conhecimento construído ao longo do processo.

A sequência didática desenvolvida nesse trabalho, aplicada no ensino de Eletroquímica, propõe a utilização de um kit experimental que foi construído pelos próprios estudantes, acompanhados pelo professor, com reutilização de materiais eletroeletrônicos descartados. Assim, o produto educacional, denominado nesse estudo de kit de Eletroquímica, pode ser utilizado em qualquer escola, mesmo não possuindo laboratório de Química.

A adoção dessa metodologia de trabalho para o ensino da eletroquímica permitiu uma gama de discussões em sala de aula, uma vez que a sequência didática adotada tangenciou a Química Ambiental (Arrigo, et al., 2018; Bianchini & Zuliani, 2009; Diniz, et al., 2021; Monteiro, 2018; Silva, et al., 2022).

De acordo com Verga Filho (2008), o trabalho em laboratório requer cuidado com as técnicas, descarte e manejo dos materiais, devido à periculosidade e contaminação. Logo, para que haja aulas experimentais, deve-se haver, previamente, um laboratório equipado e pronto para receber os estudantes, o que não corresponde à realidade de boa parte das escolas. No entanto, existe uma saída aplicável a qualquer instituição de Ensino Médio que não tenha um laboratório para aulas de Química. O uso

de materiais alternativos, encontrados no cotidiano do educando, é uma saída totalmente plausível para a educação. Adotar esse recurso para as aulas de Química é uma forma de contornar as dificuldades e melhorar a qualidade de ensino (Fernandes, et al., 2022; Silveira, et al., 2021).

Segundo Rubinger e Braathen (2012), é possível transformar qualquer sala de aula convencional em um campo de estudos experimental para aulas de Química, desde que previamente organizado. O professor pode promover atividades experimentais investigativas utilizando materiais encontrados na casa do próprio estudante, em mercados ou em farmácias. Dessa forma, a experimentação sempre pode estar presente nas aulas, enriquecendo-as e tornando-as mais interessantes.

O que deve ficar claro é que a ausência de laboratório não deve ser uma barreira para aulas experimentais e que, através de uma breve pesquisa, é possível encontrar material que embasa a construção de uma aula contextualizada e com abordagem experimental-investigativa (Guimarães, 2009; Santos, et al., 2013; Pereira, et al., 2021).

A opção por materiais encontrados em casa, farmácias e supermercados para elaboração de aulas práticas, como apontam Rubinger e Braathen (2012), corroboram a viabilidade da elaboração de aulas a partir de materiais cotidianos. Essa abordagem permite que todas as escolas ofereçam aos seus estudantes, aulas que os levam a experimentar através de atividades práticas o assunto estudado, além de aguçar o senso investigativo, facilitar o entendimento e a construção do conhecimento e promover a argumentação. No entanto, para que o uso da experimentação tenha um significado no processo, ele deve ser inovador, não apenas na realização de um experimento, mas em toda a estratégia do aprendizado, a qual deve englobar a prática como a aula introdutória do assunto e a produção escrita a partir do observado, além dos textos motivadores. Toda essa atmosfera criada em torno da aula permite mudanças na estrutura cognitiva do aluno (Ausubel, 1980; Campos, et al., 2019).

A Química Ambiental faz parte do currículo de Química no ensino médio, interseccionada, também, com parte da matriz curricular de Geografia e Biologia, de acordo com o Plano Nacional de Educação Ambiental (PNEA), estabelecido pela Lei nº 9.795/99, (Brasil, 1999b), promovendo o caráter da interdisciplinaridade. Acredita-se que o ensino de Química Ambiental possa mudar o comportamento dos indivíduos, fazendo-os perceber de que forma ações humanas influenciam os ecossistemas, tornando-os críticos a respeito do seu estilo de vida e respeitosos com o meio ambiente (Leal & Marques, 2008, Carvalho, et al., 2017; Santos, 2020).

Nesse contexto, pode-se orientar a discussão a respeito do descarte do lixo eletrônico. Com a revolução tecnológica e os avanços alcançados nas indústrias da informação, os aparelhos eletroeletrônicos tem estado cada vez mais presentes nos ambientes domésticos (Mata, et al., 2013). Indispensáveis ao estilo de vida que a modernidade tem adotado, os eletroeletrônicos compõem, atualmente, todas as funções dentro dos espaços de uma casa, desde a cozinha, passando por salas de estar, até banheiros. No entanto, os avanços tecnológicos têm se desenvolvido em curto prazo, o que torna os aparelhos eletrônicos adquiridos obsoletos ou ultrapassados. Assim, em intervalos de tempo com média de 2 a 3 anos, há um descarte em escala global de aparelhos sem destino correto, os quais geram o resíduo eletroeletrônico. De acordo com Wagner (2009), a quantidade de lixo eletrônico aumenta 50 milhões de toneladas a cada ano. No mesmo intervalo, cerca de 1,5 bilhão de celulares são substituídos no mundo todo, o que torna extensa a quantidade de lixo produzido em um contexto que não esboça possibilidades de preparo ou de reaproveitamento dos resíduos (Oliveira, et al., 2010).

O descarte e o tratamento inadequados do resíduo eletroeletrônico configuram uma questão preocupante, uma vez que há, em sua composição, diversos metais pesados que podem contaminar o solo e a água, além de plástico, material que demanda milhões de anos para que seja decomposto (Floresti, 2018). Em um computador, por exemplo, é possível encontrar chumbo, vanádio, bário, mercúrio e antimônio.

Assim, os estudantes devem ser instrumentalizados para que saibam agir criticamente em relação à redução, à reciclagem e à reutilização de materiais, além do cuidado ao meio ambiente. Então, destaca-se como função da escola preparar

os estudantes para assumir um papel de difusor de boas práticas a respeito do lixo eletroeletrônico, formando indivíduos críticos que possam melhorar sua qualidade de vida e da sociedade como um todo (Costa, 2008).

Desta forma os objetivos deste trabalho foram: (i) desenvolver ferramentas educacionais que possam ser compartilhadas e usufruídas por professores da área de Química nos processos de construção do conhecimento da disciplina; (ii) desenvolver uma sequência didática para o ensino de eletroquímica utilizando materiais encontrados no resíduo eletroeletrônico; (iii) utilizar uma metodologia de ensino baseada na experimentação para favorecer o processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica e que possa ser utilizada por professores de ensino médio; (iv) habilitar/capacitar o aluno a construir kits experimentais para o ensino de eletroquímica através de materiais de baixo custo, obtidos a partir de resíduos eletroeletrônicos; (v) aplicar, em sala de aula, uma sequência de ensino investigativa, utilizando montagens construídas pelo próprio estudante por meio de lixo eletroeletrônico, promovendo o ensino e a aprendizagem significativas da eletroquímica; (vi) evidenciar que a aprendizagem por experimentação de caráter investigativo pode ocorrer em escolas que não possuem um espaço adequado para as aulas experimentais e (vii) incentivar/favorecer o trabalho em equipe entre os estudantes.

## 2. Metodologia

Foi solicitada a autorização para realização deste projeto no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, através da Plataforma Brasil, tendo sido obtido parecer favorável ao desenvolvimento da pesquisa. Após esta autorização os termos de Consentimento Livre e Esclarecido e de Assentimento Livre e Esclarecido foram encaminhados aos estudantes, para que os responsáveis autorizassem suas participações na pesquisa. Após esta etapa o questionário pré-teste foi aplicado tendo sido elaborado a partir de questões contextualizadas, modificadas a fim de verificar se os estudantes possuíam conhecimento prévio a respeito de conceitos básicos de Química (ou Eletroquímica). As questões constituintes desse questionário buscavam avaliar o domínio dos estudantes sobre conceitos como elementos químicos e ou substâncias químicas, classificação de substâncias e reações de decomposição. Para que o processo de aprendizagem seja significativo para o indivíduo e respeite sua individualidade, todo o conhecimento que o aluno traz consigo para a sala de aula é válido para o processo de aprendizagem. Estes conceitos básicos são considerados necessários para a compreensão da eletroquímica, mais especificamente condutância e eletrólise.

O trabalho desenvolvido propõe uma abordagem para o ensino de eletroquímica a partir de uma sequência de atividades de cunho investigativo (Costa, 2008; Munford & Lima, 2007), a qual perpassa o desenvolvimento de um kit para medidas de condutância e execução de eletrólise, a partir do lixo eletroeletrônico, para o uso em salas de aula, não necessitando de um laboratório para execução dessa experimentação.

A partir de materiais encontrados no lixo eletrônico, como bastão de grafite de pilhas usadas, carregadores de celular descartados e tubos em formato de U obtidos de lâmpadas fluorescentes, passou-se à etapa de construção de células eletrolíticas para realizar os experimentos com soluções aquosas. O material utilizado foi coletado através de uma campanha realizada na escola, a qual buscou incentivar o recolhimento do resíduo eletroeletrônico descartado pela comunidade, com o intuito de conscientizar os participantes a respeito das questões ambientais que envolvem esse tipo de resíduo.

O trabalho realizado é de natureza qualitativa, de caráter interpretativo e cunho exploratório e documental, sendo a pesquisa conduzida em oito fases para alunos da segunda série do ensino médio, num total de 39 alunos.

A publicação dos dados coletados ao longo do segundo semestre de 2018, bem como as imagens e as respostas aos questionários aplicados, foram previamente autorizados pelos responsáveis. Da mesma forma, houve, por parte da escola, a autorização para a realização da pesquisa em suas dependências.

As oito etapas do trabalho são detalhadas a seguir:

- ✓ Etapa 1 – Promoção de uma campanha de recolhimento e coleta de lixo de cunho eletroeletrônico, preferencialmente pilhas, baterias e carregadores de celular.
- ✓ Etapa 2 – Aplicação de um pré-teste voltado para a temática da eletroquímica, a fim de identificar o conhecimento prévio dos alunos a respeito do assunto.
- ✓ Etapa 3 – Construção do kit experimental ao partir do lixo eletroeletrônico.
- ✓ Etapa 4 – Aplicação do kit em uma aula experimental sobre condutância de soluções;
- ✓ Etapa 5 – Aula expositiva dialogada sobre condutância.
- ✓ Etapa 6 – Aplicação do kit em uma aula experimental sobre eletrólise de soluções;
- ✓ Etapa 7 – Aula expositiva dialogada sobre eletrólise.
- ✓ Etapa 8 – Aplicação de um pós-teste, visando averiguar a construção do conhecimento pelos estudantes a respeito do tema.

Em cada etapa, o estudante foi protagonista, uma vez que o objetivo consistia em promover a independência do indivíduo e despertar sua natureza exploratória e investigativa. Dessa forma, o professor atuou como mediador do processo, preparando antecipadamente o percurso por onde a sequência de ensino passaria.

O produto educacional desenvolvido, aqui denominado kit de eletroquímica, é constituído de três eletrodos, um tubo de vidro em formato de U, um carregador de telefone celular e um recipiente de vidro ou plástico. Montado a partir de resíduo eletroeletrônico, os eletrodos são de baixo custo e permitem que alguns experimentos sejam conduzidos. Em sua constituição, encontra-se um bastão de grafite retirado de uma pilha usada do tipo AAA e posteriormente limpo para que pudesse ser utilizado, uma vez que no interior da pilha ele se encontra envolto por um material composto principalmente por dióxido de manganês.

Assim foram realizados experimentos envolvendo medidas qualitativas de condutância para testar soluções eletrolítica (sulfato de sódio) e não eletrolítica (sacarose) e execução de eletrólise da solução eletrolítica de sulfato de sódio.

Ao final, em dezembro de 2018, foi aplicado um pós-teste que visou averiguar a agregação do conhecimento pelos estudantes a respeito do tema. Este pós-teste foi elaborado com questões balizadas nas habilidades da matriz de referência do exame nacional do ensino médio. Ele foi composto por cinco problemas a respeito do tema eletroquímica, tendo o cuidado para que as questões fossem contextualizadas. Essas questões buscaram avaliar o domínio dos alunos, ao fim da sequência didática aplicada, sobre os conceitos de eletrólise, aplicações da eletrólise, os produtos da eletrólise na vida.

### **3. Resultados e Discussão**

#### **3.1 Confeção do kit de eletroquímica**

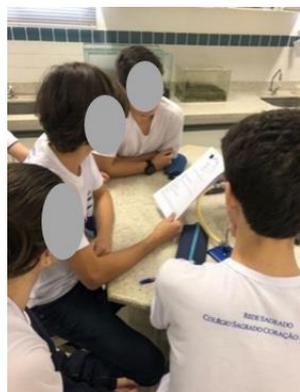
Inicialmente procedeu-se à primeira oficina para a confecção dos kits experimentais, usando os resíduos eletroeletrônicos coletados (Figura 1), priorizando-se o trabalho em equipe, em que os estudantes foram divididos em grupos de 6 ou 7 alunos num total de 6 grupos. Para esta atividade os estudantes utilizaram luvas e jalecos.

**Figura 1** - Materiais obtidos a partir do lixo eletroeletrônico coletado pelos alunos.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

**Figura 2** - Leitura do roteiro.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

Cada grupo recebeu pilhas usadas, carregador de celular, LED, resistor e fios, previamente separados do resíduo eletroeletrônico coletado, além de tubos de canetas esferográficas tipo cristal. Juntamente com esses materiais, foi entregue a cada aluno o roteiro para o preparo do kit de eletroquímica (Figuras 2 e 6).

A partir desse momento, os alunos começaram a atividade de forma autônoma, supervisionados pelo professor. A atividade prática foi dividida em duas partes, inicialmente focada na construção dos eletrodos a partir dos bastões de grafite retiradas das pilhas, tubos de caneta esferográfica cristal, LEDs de enfeites de natal e um carregador de celular, conforme as figuras 3, 4 e 5.

Com o auxílio de um alicate, os alunos retiraram a blindagem de aço que fica na parte externa da pilha e que protege todo seu conteúdo interno. Na parte interna da pilha foi retirado um material preto e úmido, informado que era constituído principalmente por dióxido de manganês. Também foi retirado o bastão de grafite que foi lavado e seco.

**Figura 3** - Manuseio dos materiais e retirada dos bastões de grafite das pilhas.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

Nessa etapa o professor mediou a discussão das consequências do descarte indevido desse tipo de resíduo no meio ambiente, além de debater com os estudantes sobre o funcionamento das pilhas. Em seguida, conforme o roteiro, os estudantes deveriam perfurar o bastão de grafite em uma das extremidades para introduzir um contato metálico, retirado de conectores obsoletos de cabo multiveios de impressora, que posteriormente foi soldado a um fio condutor (Figura 5).

**Figura 4** - Abertura da pilha e retirada do bastão de grafite.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

Seguindo o roteiro (Figura 2), os alunos colocaram o bastão de grafite com o fio condutor no interior do tubo de caneta cristal ligando-o até um outro conector na outra extremidade do tubo. Entre o tubo da caneta e o bastão de grafite, que se ajustam perfeitamente foi colocado cola para vedação e acabamento do eletrodo (Figuras 5 e 7). Foram construídos dois eletrodos desta forma e um terceiro eletrodo foi construído colocando um LED retirado de enfeites de natal em desuso, ligado a um resistor de 1 K $\Omega$  em série com o bastão de grafite, para garantir que o LED não se queimasse pelo excesso de corrente da fonte de celular. Este último foi utilizado para verificação de condutância de soluções juntamente com um dos dois outros eletrodos e ligados ao carregador de celular.

**Figura 5** - Preparo dos bastões de grafite e vista dos eletrodos preparados.



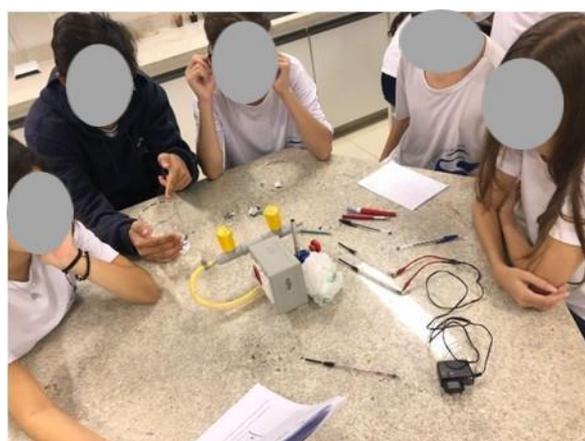
Fonte: Sperandio, et al. (2019).

A segunda parte voltada para a confecção do tubo de vidro em U a partir de uma lâmpada fluorescente foi realizada com a ajuda de um profissional vidreiro tendo em vista o risco apresentado, devido à fragilidade do material.

### 3.2 Preparo das soluções iônicas e moleculares

Os alunos deram continuidade às atividades, conforme o roteiro, preparando soluções de sulfato de sódio e de sacarose (açúcar), ambas a 25 g/L. Para isso, foram pesados 5,000 g de sulfato de sódio em um recipiente. Foi adicionada água destilada suficiente para dissolver o sólido e posteriormente a solução foi transferida para um balão volumétrico de 200,0 mL, completando-se o volume com água destilada.

**Figura 6** - Discussão sobre o kit desenvolvido.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

O mesmo procedimento foi executado para o preparo da solução de sacarose, pesando-se 5,000 g desta substância, dissolvendo-se em água destilada, transferindo-se para outro balão volumétrico de 200,0 mL e completando-se o volume com água destilada.

**Figura 7** - Eletrodos montados e prontos para uso.

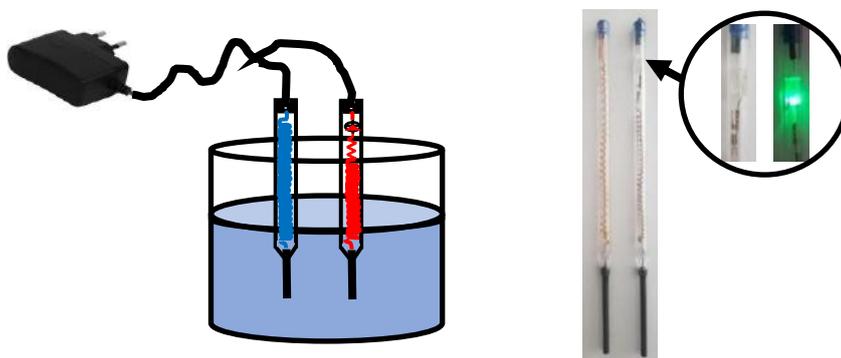


Fonte: Sperandio, et al. (2019).

### 3.3 Medida da condutância

No primeiro encontro os estudantes testaram a condutância das soluções de sulfato de sódio e de açúcar, usando dois eletrodos, um deles com um LED e um resistor ligados em série e o carregador de celular (Figura 8).

**Figura 8** - Esquema da medida da condutância e eletrodos usados com o LED.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

A solução de sulfato de sódio usada para o experimento de eletrólise foi testada verificando-se que o LED acendeu, caracterizando a solução como solução iônica enquanto para a solução de sacarose verificou-se que o LED não acendeu, evidenciando desta forma que a solução não é iônica e sim molecular.

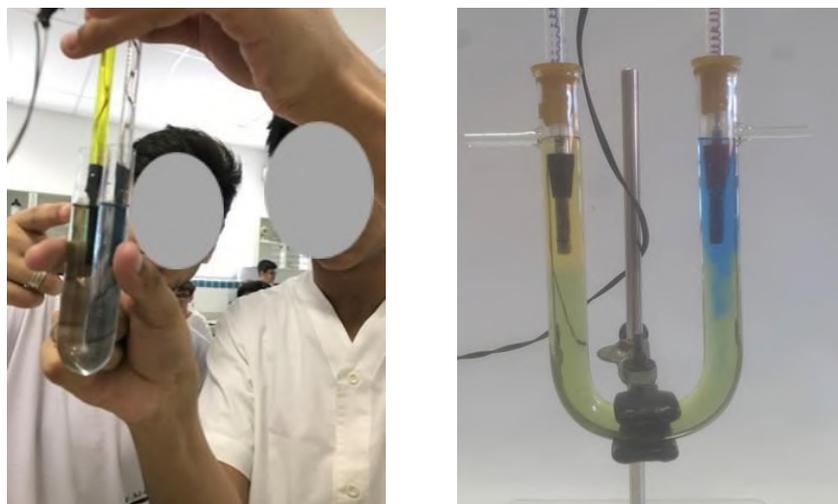
### 3.4 Execução de eletrólise

Para o segundo encontro os alunos deram início à atividade prática sobre a eletrólise, conforme mostrado na figura 9. Para otimizar a aula de forma que o experimento ocorresse nos 50 minutos previstos, o professor deixou as bancadas de cada grupo preparadas com o material necessário para a realização do experimento. Seguindo o roteiro, os alunos procederam com a aula experimental de forma autônoma, registrando, de forma individual, os resultados observados.

De acordo com o proposto no roteiro experimental, os alunos, separados em grupos, transferiram a solução de sulfato de sódio para o tubo em U numa quantidade suficiente para permitir o posterior contato entre a solução e os eletrodos de grafite. Logo em seguida, foram adicionadas duas gotas do indicador ácido-base azul de bromotimol de cada lado do tubo em U, tornando a solução esverdeada. Seguindo as orientações do roteiro, os eletrodos foram introduzidos, um de cada lado do tubo em U, e o

carregador de celular foi ligado à eletricidade. Pôde-se, imediatamente, perceber a formação de bolhas nos eletrodos e após algum tempo, a solução adquiriu coloração amarela em um lado do tubo e azul do outro lado, respectivamente onde estavam os eletrodos ligados aos polos positivo e negativo do carregador de celular, respectivamente.

**Figura 9** - Realização da eletrólise usando o kit proposto e em um tubo em U comercial.

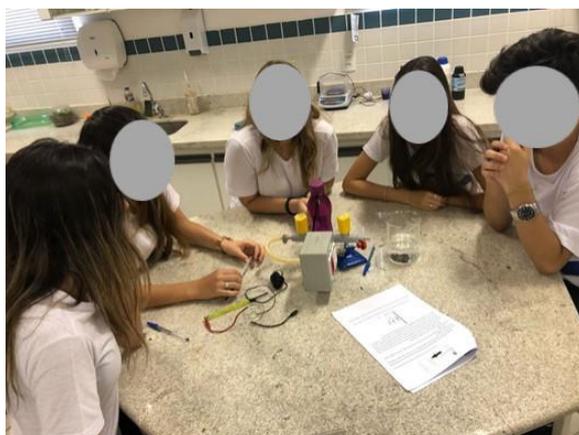


Fonte: Sperandio, et al. (2019).

Como proposto desde o início da sequência, o professor atuou apenas como mediador, fornecendo suporte aos alunos na montagem dos eletrodos e no preparo das soluções, conforme ilustra a figura 9. Durante a realização de todo o trabalho, o professor esteve presente, dando suporte necessário e deixando que as discussões, questionamentos, resoluções de problemas e formulação de explicações, ficassem sob a responsabilidade dos alunos. Ao fim de toda a sequência, o professor realizou uma roda de discussão com os alunos para averiguar os conceitos e reforçar aqueles que possam ter apresentado distorção.

Ao longo da aula, diversas dúvidas foram sendo colocadas, como: “Que gases são esses que estão sendo formados?”, “Por que de um lado fica amarelo e do outro azul? Os gases são diferentes?”, “Isso está acontecendo com o sal ou com a água?”, “Por que no béquer é mais difícil notar a cor da água em volta dos eletrodos?”. No entanto, as dúvidas não eram sanadas, uma vez que, no segundo momento da aula, os grupos se reuniram para responder e preencher a folha de anotações, e várias das perguntas realizadas por eles estavam presentes nessa folha. Assim, os alunos, em seus respectivos grupos, discutiram os resultados e, em seguida, responderam na folha de registro do roteiro (Figura 10).

**Figura 10** - Alunos discutindo os resultados finais.



Fonte: Sperandio, et al. (2019).

Após o momento de discussão e preenchimento do roteiro, o professor questionou os alunos a respeito dos gases produzidos e sua caracterização. A primeira indagação foi se os gases produzidos nos eletrodos seriam os mesmos. Eles responderam que provavelmente não eram, porque as bolhas eram produzidas em quantidades diferentes. Alguns alunos lembraram-se das perguntas do pré-teste e sugeriram que os gases eram oxigênio e hidrogênio. E então o professor questionou como poderia estar ocorrendo a transformação da água para esses gases, um dos alunos respondeu que por decomposição. Então o professor indagou quem seria o responsável por esta transformação e eles responderam que era a eletricidade.

Em seguida o professor equacionou a decomposição da água no quadro e confirmou as expectativas dos alunos a respeito dos gases produzidos e a razão das cores diferentes do indicador ácido-base azul de bromotimol em cada pólo.

Ao fim da aula, o professor deixou um questionamento para a turma a respeito da função do sal sulfato de sódio nesse experimento uma vez que quem sofreu a decomposição foi a água. Essa pergunta ficou de reflexão e pesquisa para as próximas aulas.

#### **4. Conclusão**

A reformulação dos padrões de ensino e aprendizagem deve ser prioridade no planejamento de aulas e capacitação de professores. Fica claro que a agregação da aula expositiva, onde o aluno é o receptor de um conhecimento que não pode ser transferido pelo professor, à aulas experimentais com caráter argumentativo, onde o aluno é o protagonista, e o conhecimento é construído de forma assistida pelo professor, é a metodologia das escolas do futuro, que priorizam uma educação humanizada, individual e ao mesmo tempo em que pensa no coletivo.

Elaborar uma sequência experimental demanda tempo, não sendo fácil encontrar um material que concentre sugestões de aulas com tal perspectiva de todos os temas da Química, o que se pode encontrar são apenas aulas avulsas de alguns temas. É necessário a criação de um material que possa auxiliar o professor na elaboração e execução de aulas que se enquadrem nessa metodologia. A sequência didática proposta nesse trabalho vem oportunizar a aula expositiva um lugar na aprendizagem antes não ocupado, que é o momento elucidatório. Realizar a aula expositiva, trazendo os conceitos, modelos e exemplos da eletroquímica, após a construção e a aplicação do kit experimental permitiu aos alunos responderem as suas perguntas previamente elaboradas, de forma participativa.

É notório que os estudantes se sentem estimulados quando lhes é permitido indagar, opinar e defender suas suposições. Eles se sentem inseridos no processo e ao mesmo tempo desafiados a descobrir.

Nos momentos em que os estudantes trabalharam sem a ajuda do professor, percebeu-se o afloramento do pensamento em grupo e a ajuda coletiva. Permitir que se criem esses momentos em sala de aula faz parte do processo de maturidade intelectual dos indivíduos. O desafio e a vontade de transpô-lo é o que determina o quanto se desenvolvem o raciocínio e a zona de aprendizagem individual.

Ao avaliarmos as etapas do trabalho percebe-se que o objetivo de provocar os alunos à argumentação e ao trabalho em grupo foi atingido, uma vez que todo desenvolvimento dos kits experimentais ocorreram em conjunto entre os estudantes, além de permitir que os mesmos elaborassem soluções para os problemas identificados ao longo do processo.

Tendo em vista o sucesso obtido na aplicação destes kits experimentais de eletroquímica desenvolvidos neste trabalho de pesquisa sugere-se para trabalhos futuros que sejam feitas oficinas em outras escolas para capacitação de outros professores para a introdução do assunto eletroquímica.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela bolsa concedida ao autor (G. H. S.).

## Referências

- Arrigo, V., Alexandre, M. C. L., & de Souza Assai, N. D. (2018). O ensino de química e a educação ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(5), 306-325. [https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID541/v13\\_n5\\_a2018.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID541/v13_n5_a2018.pdf).
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Interamericana.
- Bianchini, T. B., & Zuliani, S. R. Q. A. (2009). *A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica*. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7. Florianópolis. Anais...
- Brasil. (1999). Presidência da República. Casa Civil. Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. *Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República.
- Campos, C. S., Oliveira, N. A. E., Cezario, A. F. R., & Oliveira, M. C. (2019). O que diz o aluno sobre as aulas experimentais de química: Uma análise de suas enunciações. *Research, Society and Development*, 8(4), e4084923. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i4.923>
- Carvalho, M. E. A., Franco, M. R., Zanatta, S., Oliveira, R. A., & Pipitone, M. A. P. (2017). O Rio e a Escola: uma experiência de extensão universitária e de educação ambiental. *Química Nova na Escola*, 39(2), 112-119. [http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc39\\_2/QNESC\\_39-2\\_revista.pdf](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc39_2/QNESC_39-2_revista.pdf).
- Costa, A. (2008). Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objetivo pedagógico fundamental. *Revista Iberoamericana de Educación*, 46(5), 1-8. <https://doi.org/10.35362/rie4651951>
- Diniz, F. E., da Silva, C. D. D., da Silva, O. G., & dos Santos, D. B. (2021). O Ensino de Química integrado a temas ambientais: Um relato de experiência com escolares do ensino médio. *Research, Society and Development*, 10(8), e25110817378. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17378>
- Fernandes, G., Silva, S., Caetano, V., & Leão, M. (2022). *Experimentação com materiais alternativos: uma análise na produção científica veiculada pela revista Química Nova na Escola nos últimos oito anos (2014-2021)*. In: 35º. Congresso Latino Americano de Química, 6, 603. Rio de Janeiro. Anais...
- Floresti, F. (2018). *Quase todo lixo do Brasil é descartado de maneira errada*. *Revista Galileu*. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/quase-todo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneira-errada.html>.
- Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, 31(3), 198-202. [http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf).
- Leal, A. L., & Marques C. A. (2008). O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente. *Química Nova na Escola*, 29, 30-33. <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc29/07-PEQ-2807.pdf>.
- Mata, C. M. S., Moura, A. L., Nascimento, J. M., & Souza, S. R. (2013). *A estruturação de conceitos eletroquímicos através de atividade experimental e da aprendizagem colaborativa*. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX – UFRPE, Recife. Anais... Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0524-3.pdf>.
- Monteiro, M. G. (2018). *Desenvolvimento de materiais instrucionais voltados ao ensino de eletroquímica*. Monografia (Graduação em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 89-111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>.
- Oliveira, R. S., Gomes, E. S., & Afonso, J. C. (2010). O lixo eletroeletrônico: uma abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, 32(4), 240-248. [http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32\\_4/06-RSA10109.pdf](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_4/06-RSA10109.pdf).
- Pereira, W. M., Santos, D. D. J., Neto, J. A. Q., Valasques, G. S., & Barros, J. M. (2021). A importância das aulas práticas para o ensino de química no ensino médio. *Scientia Naturalis*, 3(4), 1805-1813. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5809>.
- Rubinger, M. M. M., & Braathen, P. C. (2012). Ação e reação: ideias para aulas especiais de Química. RHH.
- Santos, D. B. (Org) (2020). *Ações Educativas na Prática Ambiental: perspectivas teóricas e práticas*. EDUERN.
- Santos, E., Santos, G. F., Silva, V. M., Melo, R. P. A., & Lopes, F. L. G. (2013). Proposta de nova experimentação para o ensino de eletroquímica. *Scientia Plena*, 9, 1-7. <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1224/777>.
- Silva, E. G., Zanatta, S. C., & Royer, M. R. (2022). Educação Ambiental no Ensino de Química: Revisão de Práticas Didático-Pedagógicas sobre Pilhas e Baterias no Ensino Médio. *Revista de Debates em Ensino de Química*, 8(1), 56-71. <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/4615>, Acessado em: 21 fev. 2023.
- Silveira, M. M. S., Lima, R. H., Bernardes, G. S., Alves, V. A., & Silva, L. A. (2021). Células eletrolítica e a combustível confeccionadas com materiais alternativos para o ensino de eletroquímica. *Quim. Nova*, 44(1), 118-127. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170626>.
- Sperandio, G. H., Damasceno, O. I. C., Reis, E. L., & Reis, C. (2019). Abordagem investigativa-experimental de eletroquímica usando materiais eletroeletrônicos descartados. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI) – Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.
- Verga Filho, A. F. (2008). *Segurança em laboratório químico*. Minicurso. Conselho Regional de Química - IV Região.
- Wagner, T. P. (2009). Shared responsibility for managing electronic waste: A case study of Maine, USA. *Waste Management*, 29(12), 3014-3021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.015>