GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETRÓLISE POR EXPERIMENTAÇÃO COM O USO DE RESÍDUO ELETROELETRÔNICO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

Orientadora: Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno

Coorientador: Efraim Lázaro Reis

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2019

GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETRÓLISE POR EXPERIMENTAÇÃO COM O USO DE RESÍDUO ELETROELETRÔNICO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do Título de *Magister Scientiae.*

APROVADA: 04 de maio de 2019.

Efraim Lázaro Reis
(Coorientador)

César Reis

Emerich Michel de Sousa

Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pelo dom do conhecimento, pelo dom da sabedoria e pelo dom da fé, que me fez acreditar naquilo que quero e naquilo que quero alcançar.

Aos meus pais, Dalvo e dos Anjos, pelo apoio, incentivo e amor incondicional.

Ao meu irmão, Lucas, por estar sempre ao meu lado me apoiando em minhas escolhas.

A minha cunhada, Desirée, pelo apoio e incentivo.

A minha namorada, Jade, pela compreensão e companheirismo.

Aos colégios que leciono, especialmente ao Colégio Sagrado Coração de Maria – Ubá, que oportunizou a realização desta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida para a realização deste Mestrado.

Meu especial agradecimento a minha orientadora Profª. Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno, pelo acompanhamento, competência, profissionalismo e incentivo na condução deste trabalho.

Ao Coorientador, Prof. Coordenador Efraim Lázaro Reis, do Curso Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional (PROFQUI), pela oportunidade de compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e a sua experiência na realização das conquistas de muitos acadêmicos, manifesto aqui a minha gratidão eterna.

Aos meus amigos de mestrado, meu amigo Sergio Albino e minha amiga Fernanda Bicalho, pelo apoio, amizade e confiança que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SPERANDIO, Gabriel Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2019. **Uma proposta de ensino de eletrólise por experimentação com uso de resíduo eletroeletrônico.** Orientadora: Odilaine I. Carvalho Damasceno. Coorientador: Efraim Lázaro Reis.

O presente trabalho de pesquisa foi realizado ao longo do curso de Mestrado Profissional 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. Assim, buscou-se investigar, em uma turma de 2º ano do ensino médio da rede particular de ensino, 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. A aprendizagem significativa é aquela cujo indivíduo vivencia e constrói seu próprio conhecimento, o qual não pode ser passado de um ser para outro. O tema abordado foi eletroquímica, com ênfase na eletrólise, considerando que os alunos apresentam grande dificuldade nesse conteúdo. 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 aplicado foi construído pelos próprios alunos, com acompanhamento do professor pesquisador, com materiais reutilizados a partir do lixo eletroeletrônico. Assim, o produto educacional, denominado nesse estudo de kit de eletrólise, permite seu uso por professores em escolas que possuam ou não laboratório de Química. A adoção dessa metodologia de trabalho para o ensino da eletrólise permitiu uma gama de discussões em sala de aula, uma vez que a sequência didática adotada tangenciou a Química ambiental. Acredita-se, analisando os resultados obtidos, que o ensino da eletrólise a partir do kit de eletrólise desenvolvido sob uma abordagem investigativa, pode tornar a aprendizagem desse conteúdo mais atraente para os alunos. Assim, observou-se que a aula, se mais interativa contribui para a melhoria do desempenho dos estudantes na resolução de situações-problemas.

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

ABSTRACT

SPERANDIO, Gabriel Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2019. **A proposal of teaching of electrolysis by experimentation with the use of electroelectronic residue.** Advisor: Odilaine I. Carvalho Damasceno. Co-adviser: Efraim Lázaro Reis**.**

The present research work was carried out during the course of the National Professional Master's Degree (PROFQUI) with the focus on the elaboration of a product applicable to the teaching of Chemistry in basic education, prioritizing the investigative-experimental approach. Thus, it was sought to investigate, in a second-year high school classroom of the private teaching network, how the use of the developed product, from an investigative perspective, enriches the teaching process of Chemistry and promotes meaningful learning. In this way, a didactic sequence was developed in which the teacher acts as mediator of the process, experiencing a horizontalized work condition, in which the student is the subject of his own learning. The subject was electrochemical, with emphasis on electrolysis, considering that students present great difficulty in this content. The evaluations of previous learning and after the application of the didactic sequence were developed in order to obtain a parameter of comparison of the knowledge constructed throughout the process. The applied educational product was built by the students themselves, with accompaniment of the researcher professor, with materials reused from the electro-electronic trash. Thus, the educational product, called in this electrolysis kit study, allows its use by teachers in schools that have or do not have a Chemistry laboratory. The adoption of this methodology of work for the teaching of electrolysis allowed a range of discussions in the classroom, since the didactic sequence adopted touched Environmental Chemistry. It was also possible to use the didactic sequence to make students aware of electronic and electronic waste. It is believed, analyzing the results obtained, that the teaching of electrolysis from the electrolysis kit developed under an investigative approach, can make the learning of this content more attractive for students. Thus, it was observed that the classroom, if more interactive contributes to the improvement of students' performance in solving situations-problems.

Keywords: Research teaching. Experimentation. Electrochemistry. Electrolysis. Electronic garbage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Materiais obtidos a partir do lixo eletroeletrônico coletado.....35

Figura 2 – Leitura do roteiro.....35

Figura 3 – Carregadores de celular usados para a confecção do eletrodo.....36

Figura 4 – Bastão de grafite extraído da pilha.....36

Figura 5 – Manuseio dos materiais usados na aula.....38

Figura 6 – Retirada dos bastões de grafite do interior da pilha.....38

Figura 7 – Eletrodos em fase final de confecção.....39

Figura 8 – Eletrodos montados e prontos para uso.....39

Figura 9 – Realização da eletrólise usando o kit.....40

Figura 10 – Alunos discutindo o roteiro.....31

Figura 11 – Eletrolise sendo realizada no béquer.....41

Figura 12 – Observação do experimento.....42

Figura 13 – Esquema usado para explicar a eletrólise.....44

Figura 14 – Prioridade da descarga.....45

Figura 15 – Eletrodo construído a partir de lixo eletroeletrônico.....45

Figura 16 – Alternativas assinaladas na questão 1.....57

Figura 17 – Alternativas assinaladas na questão 2.....58

Figura 18 – Alternativas assinaladas na questão 3.....60

Figura 19 – Alternativas assinaladas na questão 4.....62

Figura 20 – Alternativas assinaladas na questão 5.....65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alguns elementos encontrados no resíduo eletroeletrônico.....27

Tabela 2 – Materiais recebidos durante o período de coleta.....33

Tabela 3 – Número de respostas por alternativa de cada questão.....55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO10

2 OBJETIVOS GERAIS14

2.1 Objetivos específicos14

3 REFERENCIAL TEÓRICO15

3.1 Teoria da educação - Lev Semenovich Vygotsky15

3.2 Ensino de Química e eletroquímica17

3.3 Ensino por experimentação19

3.4. Ensino por investigação21

3.5 Legislação educacional23

3.6 Química ambiental: o resíduo eletroeletrônico25

4. MATERIAL E MÉTODOS28

4.1 Metodologia28

*4.1.1 Sequência didática*29

*4.1.2 Campanha de coleta de lixo eletroeletrônico*32

*4.1.3 Aplicação do pré-teste*33

*4.1.3 Construção do kit de eletroquímica*34

*4.1.5 Experimento investigativo utilizando o kit de eletroquímica*40

*4.1.5 Eletrólise: conceitos, equações e aplicações*44

*4.1.6 Aplicação do pós-teste*46

4.2 Produto educacional47

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO49

5.1 Pré- teste49

5.2 A sequência didática como cunho experimental54

5.3 Pós-teste: tabulação de resultados - ENEM56

*5.3.1 Resultados considerando as alternativas*57

5.4 A conscientização ambiental: resíduo eletroeletrônico67

6. CONCLUSÕES68

REFERÊNCIAS70

APÊNDICE A - Pré-teste75

APÊNDICE B - Pós-teste77

APÊNDICE C - Roteiro80

SEQUÊNCIA DIDÁTICA90

ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido93

ANEXO B - Termo de assentimento livre e esclarecido96

ANEXO C - Autorização da escola99

ANEXO D - Parecer de CEP100

1 INTRODUÇÃO

A Química é uma disciplina elementar e um dos mais belos componentes curriculares do Ensino Médio, relacionada diretamente ao desenvolvimento tecnológico e científico da humanidade, o qual foi responsável por proporcionar às sociedades desde o trabalho com o fogo até o conhecimento e domínio da natureza e dos materiais. Apesar da importância histórica ligada à evolução das sociedades e ao modo de viver do homem, esse componente curricular nem sempre é efetivamente valorizado, possivelmente pelo fato de que há uma grande dificuldade de aprendizagem por parte dos alunos o que, por consequência, leva à falta de interesse, ao descaso e até mesmo à desmotivação ao estudo da disciplina. Há vários fatores que buscam explicar o baixo desempenho da aprendizagem da Química no Ensino Médio, dentre os quais está a metodologia de ensino, que busca tornar a aprendizagem cada vez mais adaptada ao seu tempo e ao seu contexto; afinal, desde a inserção do ensino das Ciências Naturais no currículo escolar, em meados da década de 1950, as demandas e necessidades educacionais variaram. Inicialmente, o ensino estava relacionado às mudanças que ocorriam na sociedade industrial e progressista daquele tempo (KRASILCHIK, 2000) No entanto, após os anos 2010, com a revolução tecnológica e com a crescente facilidade ao acesso de informações, o ensino passou a necessitar, também, de adaptações atendam as necessidades do modelo social vigente.

A Química teve origem a partir da observação de fenômenos e tentativas experimentais de compreensão da matéria, sendo o seu domínio alcançado através da experimentação que, por sua vez, possibilita a elaboração de suas teorias (POPPOLINO, 2013). Atualmente, percebe-se que são possíveis previsões a partir de modelos computacionais e teorias modernas; contudo, nas escolas, grande parte do conhecimento químico está ainda direcionado aos estudos do século XVIII e XIX. O que se observa no ensino de Química é que o modo de construção do conhecimento parte do ensinar-aprender teorias e conceitos pré-descobertos por meio de aulas teóricas, que consistem em transmitir ao aluno apenas a etapa final de um processo de descobertas que deram origem a tal conhecimento. Em raras situações, se aplica o aprendizado em uma experimentação expositiva-demonstrativa que não enriquece o processo de construção do conhecimento. O modelo vigente de ensino suprime a argumentação e faz com que o aluno aceite as informações que lhe são dadas sem que haja uma discussão de possibilidades, o que, muitas vezes, impossibilita que sua autonomia seja exercitada para seu amadurecimento cognitivo. De acordo com Moore (*apud* GOTTARDI, 2007, p. 111) “[...] usando o constructo, podemos

conceber cursos para diferentes graus de autonomia, variando o diálogo e a estrutura e, do ponto de vista da investigação, podemos explorar e testar muitas interações dentro e entre essas variáveis".

Pesquisadores do ensino de Química, como Mortimer e Carvalho (1996) e Munford e Lima (2007), sugerem adotar um novo modo de apresentar a Química aos jovens estudantes que adquirem o contato inicial com esse conhecimento no 9º ano do ensino fundamental II. A construção do conhecimento químico, nessa perspectiva, deve ocorrer da mesma maneira que suas leis e teorias foram propostas e descobertas. O ensino de Química deve ser amparado na principal caraterística que levou o ser humano até a lua e aos componentes do átomo: a curiosidade. De acordo com Luiz Henrique Ferreira (2016), professor do departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (DQ-UFSCAR)[1], a motivação para o processo de aprendizagem é baseado em três pilares:

- Pertencimento: o aluno precisa sentir que pertence a um processo para que se sinta motivado em desenvolvê-lo;
- Competência: o indivíduo deve desenvolver uma competência ao longo do processo;
- Autonomia: o sujeito da ação deve ter e tomar decisões ao longo do processo.

Uma proposta para tornar o ensino de Química nas escolas mais eficaz é o processo de ensino por investigação, o que configura uma metodologia que perpassa várias ferramentas de ensino, desde a experimentação até a modelagem. De acordo com Bianchini e Zuliani (2009, p. 2), com fundamento em Gil Perez e Valdéz Castro, as "atividades se tornam adequadas e atraentes quando os estudantes participam da proposição e planejamento da resolução, num processo de investigação orientada". Logo, o professor, nessa abordagem, deixa de ser sujeito ativo e transforma-se em orientador do processo de descoberta do conhecimento, o que seria mais significativo para o aluno, uma vez que ele se torna agente de sua própria aprendizagem. Como pontua CAÑAL *et al* (1997), a aprendizagem por experimentação e investigação posiciona o aluno como sujeito no processo de ensino-aprendizagem, o que promove a argumentação e seu envolvimento direto. Seja em laboratório ou em sala de aula, o aluno deixa a posição de objeto de conhecimento.

[1] Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rraDmo84ToU>. Acesso em: 23 out. 2018

De acordo com Silva e Freitas (2013), o ensino de Química por investigação é justificável por dois motivos: pelo fato do ensino de ciências no Brasil ocorrer de forma tradicional, em uma estrutura vertical, a qual não favorece a argumentação; e pelo posicionamento de que ensinar ciências por investigação contribui para que o aluno construa o seu próprio conhecimento, de forma subjetiva, respeitando os seus limites e condições.

Mortimer e Carvalho (1996), com fundamento em Piaget (1973), idenficam o ensino por investigação sob a nomenclatura de desequilibrição-reequilibração e, neste contexto, o papel do professor é de mediador. A horizontalidade da relação entre os participantes do processo de aprendizagem favorece a discussão de ideias e a expansão da aprendizagem, uma vez que a argumentação é exercitada através de pontos de vista de cada um dos participantes. Considera-se que existam dois caminhos pelo qual os processos de aprendizagem podem ocorrer e que levam a resultados distintos. O primeiro é aquele em que o processo se dá em um ambiente em que a relação social é baseada na autoridade ou prestígio social de um dos participantes da pesquisa, sendo este colocado em uma posição icônica em relação aos demais. Este ambiente resulta no enfraquecimento das relações sociais, no reforço do egocentrismo e na manutenção dos dogmas. O segundo é baseado na cooperação, o que favorece o crescimento cognitivo, a minimização do dogmatismo do ensino e a construção do conhecimento racional, coletivo e dinâmico.

O artigo 35, inciso IV da Lei de Diretrizes e Bases da Educação indica que “o Ensino Médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades: IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. [...]” (BRASIL, 1996) Ao analisar as orientações legais a respeito do ensino de ciências, e mais especificamente de Química, é possível inferir que a realidade em sala de aula nas escolas do país infringe a lei e não garante uma realidade de aprendizagem que se aproxime daquela proposta nos documentos. Por que a educação nas salas de aulas do nosso país é tão distante das propostas elaboradas pelos pensadores da educação e do que a Lei propõe? Essa é uma pergunta que inúmeros professores e pesquisadores tentam responder, mas ainda hoje segue em dissenso. Apesar dos problemas já reconhecidos, como a falta de interesse dos alunos, desvalorização da carreira docente e a não aparelhagem das ferramentas do Estado para essa atividade, um fato que pode ser apontado é a falta de laboratórios para as aulas de Química.

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 alunos, o que não corresponde à realidade das escolas do país. 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.

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 investigavas utilizando materiais encontrados na casa do próprio estudante, no mercado ou na farmácia da sua rua. Dessa forma, a experimentação sempre pode estar presente nas aulas, enriquecendo-as e tornando-as mais interessantes.

Ainda de acordo com Mortimer (1996), o uso fortuito da experimentação, isto é, apenas como forma de expor algum conteúdo, não faz com que o aprendizado seja construído de forma efetiva. A experimentação deve estar ligada à investigação, ao confronto e à discussão dos elementos postos em debate. O desafio à resolução de um problema é o real motivo da aula que, aliado ao uso da experimentação, pode enriquecer a experiência vivida pelo aluno e tornar o ambiente escolar convidativo à prática do aprender.

2 OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver ferramentas educacionais que possam ser compartilhadas e usufruídas por professores da área de Química nos processos de construção do conhecimento da disciplina.

2.1 Objetivos específicos

- Desenvolver uma sequência didática para o ensino de eletroquímica utilizando materiais encontrados no resíduo eletroeletrônico.

- Utilizar uma metodologia de ensino baseada na experimentação para favorecer o processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica e que possa ser utilizada por todos os professores de Ensino Médio.

- 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;

- 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;

- Evidenciar que a aprendizagem por experimentação de caráter investigativo pode ocorrer em escolas que não possuem um espaço adequado para as aulas experimentais;

- Incentivar/favorecer o trabalho em equipe entre os alunos;

- Avaliar as habilidades desenvolvidas pelos estudantes após a aplicação da sequência didática através de aplicação de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Teoria da educação - Lev Semenovich Vygotsky

A escolha de abordagem do conteúdo em sala é o ponto principal para um processo de aprendizagem bem sucedido. Existem diversas teorias que apontam em direções múltiplas a respeito da forma que o processo de aprendizagem deve ocorrer, denominadas Teorias Educacionais, dentre as quais estão inseridos autores como Piaget, Gramsci, Bourdieu, Paulo Freire etc. A escolha de uma teoria a ser aplicada é extremamente complexa, devido às condições de trabalho e à demanda de quem a aplica. Nessa pesquisa, a construção da sequência didática está potencialmente alinhada ao trabalho de Lev Semenovich Vygostky.

Vygotsky nasceu no final do séc. XIX, em uma cidade russa, Orsha. Graduou-se em História, Direito e Filosofia e morreu aos 38 anos de idade. Em sua vida, dedicou-se, dentre outros estudos, ao fenômeno da aprendizagem e seu entendimento. De acordo com o autor, "o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer". (VYGOTSKY, 1991b, p. 101). O aprendizado, em sua perspectiva, é fruto das interações entre o indivíduo e o meio, não de forma aleatória, mas organizada e mediada. Por exemplo, uma criança necessita interagir com o meio, escutar sons, tatear superfícies, provar sabores para aprender onde deve ir e aonde não ir, sabores que gosta ou não gosta, ou até mesmo o som do perigo. No entanto, esse aprendizado não ocorre diretamente entre o indivíduo e o objeto, uma vez que existem filtros entre este e o ambiente. Uma criança utiliza de um copo para beber água e um apoio como uma cadeira para alcançar algo sobre a mesa. Ela não precisa se envolver em um acidente com um cão para saber que esse animal pode ser perigoso; um aviso de sua mãe, por exemplo, pode evitar tal experiência indesejada. Vygotsky denomina esses intermédios de *filtros*, os quais são fundamentais para o desenvolvimento de processos mentais superiores, ou habilidade de planejar, prever, organizar e tomar decisões. A esse conjunto de experiências o autor conceitua como aprendizagem mediada.

A aprendizagem mediada é baseada no uso de mediadores no processo de aprendizagem. Esses mediadores são distintos em dois grupos: os instrumentos e os signos. O primeiro tipo, os instrumentos, são objetos que se posicionam entre o indivíduo e o meio, possibilitando ampla possibilidade de interação e modificação do meio. O segundo tipo, os signos, é de caráter humano e refere-se a elementos como a linguagem, a exemplo, que

comporta símbolos, os quais representam coisas ou objetos Monroe (2018). Uma placa de trânsito com uma mão aberta e uma faixa vermelha cruzando-a também é um exemplo de símbolo, que representa uma situação que é automaticamente projetada em sua mente: devo parar diante deste sinal. Ainda de acordo com Monroe (2018), o fato do homem ser capaz de desenvolver símbolos que substituam e representem situações ou objetos é um traço evolutivo de extrema importância. Essa capacidade, para Marta Kohl de Oliveira (*apud* MONROE, 2018, s. p.) "possibilita libertar-se do espaço e do tempo presentes, fazer relações mentais na ausência das próprias coisas, fazer planos e ter intenções".

De acordo com Vygotsky (1991b), essa característica é importante, pois permite que a aprendizagem seja construída a partir de experiências vividas por outro indivíduo, em um processo de interação promovido face a face. Dessa forma, para que haja aprendizagem, é necessária a presença de, no mínimo, dois indivíduos trocando experiências diversas. Assim, a interação gera troca de experiências e conhecimento tornando a aprendizagem uma experiência social. No entanto, Vygotsky evidencia que, para que o processo de aprendizagem ocorra de forma significativa, ele deve ocorrer na chamada zona de desenvolvimento proximal (ZDP). A ZDP é o ambiente que concentra o que o indivíduo já possui como conhecimento construído, bem como sua capacidade mental de aprendizagem. O processo de aprendizagem possui um intervalo de ocorrência dentro da zona de desenvolvimento proximal, o qual é compreendido entre aquilo que o indivíduo consegue realizar sozinho, a partir do seu conhecimento adquirido, e aquilo que ele necessita de auxilio, pois não domina o conhecimento. Esse intervalo caracteriza o seu potencial de aprendizagem. Nesse momento, é possível incluir o papel do professor como mediador, o qual criará situações que permitam sua intervenção no intuito de auxiliar o aluno a resolver situações localizadas no limiar da sua ZDP, permitindo, assim, que o conhecimento seja efetivado, além de expandir a ZDP, permitindo que o aluno crie um progresso ilimitado.

De acordo com Oliveira (2011), “a escola é um ambiente propício à aprendizagem se o trabalho for executado de forma planejada e todas as saídas do labirinto da aprendizagem estiverem cercadas”. O professor, como membro mais experiente do processo, deve conduzir as situações de forma a conhecer o caminho por onde as discussões devem percorrer e como atuar de forma a permitir que os alunos sejam sempre protagonistas de suas próprias histórias no caminho laborioso da descoberta do conhecer.

Para desenvolver essa metodologia em sala de aula, o professor deve ter em seu repertório pedagógico situações que incentivem, desafiem e facilitem o desenvolvimento individual de seu aluno. Uma das formas principais de alcançar essa metodologia de trabalho

é o trabalho coletivo, permitindo a discussão entre os membros do grupo. A troca de experiências auxilia no processo de argumentação, além de permitir que um aluno aprenda com a experiência do outro.

No entanto, devemos lembrar que o processo de aprendizagem é subjetivo, afetando, portanto, cada indivíduo de maneira particular. A capacidade de mediação do professor deve ter a delicadeza de perceber o momento de iniciar e de terminar o trabalho em grupo para permitir que o aluno interprete, compreenda e construa seu próprio conhecimento a respeito da situação vivenciada.

3.2 Ensino de Química e eletroquímica

O ensino de Química no ciclo da Educação Básica no Brasil foi institucionalizado após a reforma Francisco Campos da educação. Segundo Lima (2013), o ensino de Química passou a fazer parte da grade curricular com a função de dotar os alunos de conhecimentos específicos e promover uma relação entre esses e os fenômenos cotidianos, aguçando o interesse por essa ciência. Todavia, apesar das atualizações e modernizações dos documentos de educação no país, como o PCNEM de 1999 (BRASIL, 1999a), o ensino de Química apresenta dificuldades para atender integralmente suas funções FRAGAL *et al* (2011).

O atual documento que oferece instruções para o ensino Brasil, o PCN+ (BRASIL, 2002, p. 31) indica que o ensino de Química

> [...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Assim, ao aluno são oferecidos subsídios para "[...] julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos" (PCN+, 2002, p. 87). No entanto, a realidade está muito distante destas orientações. O que há no país, atualmente, é um ensino que pode ser dividido em duas seções, em geral: a primeira, constituída por escolas públicas sucateadas, aparelhadas com pouco ou nenhum recurso tecnológico, na maioria dos casos sem laboratório de Ciências e com professores mal remunerados; a segunda, composta por escolas

particulares que atendem a uma parcela pequena dos estudantes[2]e estão focadas nos processos seletivos do ensino superior. Essas escolas trabalham, em sua grande maioria, com o ensino baseado na transmissão e memorização de conteúdos e mecanização dos processos de aprendizagem, realidade muito distante daquela proposta pelo PCN+.

Como evidenciado por Fragal *et al* (2011), o ensino de Química no Brasil enfrenta uma matriz volumosa, com um número excessivo de conteúdos, Mortimer *et al* (2000) cujo ensino ainda é realizado de forma compartimentada, sem linearidade entre os temas, o que dificulta a extensão do ensino ao longo do Ensino Médio, além de não estabelecer interdisciplinaridade com outros componentes curriculares e não trabalhar a contextualização. O ensino aplicado dessa forma não favorece a formação social do indivíduo, somado ao fato de não prepará-lo para exercer sua cidadania.

Diante desse arranjo conflituoso, torna-se evidente que não há forma de responsabilizar um ator sobre o cenário educacional brasileiro; ao contrário, o contexto é resultado de uma soma de fragilidades no sistema de ensino, cujos atores são múltiplos. Assim, ainda que não isentando a atuação docente, de modo geral, podemos relacionar como influenciador direto o corte de verbas ocorrido nos últimos anos na pasta da educação, além do desaparelhamento das escolas. Junto a essas condições, ainda nos deparamos com o afastamento da família em relação à escola, o que torna conflituosas as relações interpessoais que enriquecem e favorecem o processo de aprendizagem.

Dentro dos diversos tópicos que fazem parte da grade curricular de Química nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999a) o conteúdo de eletroquímica é uma questão à perspectiva discente, uma vez que demanda conhecimentos de Física, como conceitos de carga elétrica, diferença de potencial ou voltagem, corrente elétrica, entre outros, além de processo em escala manométrica, o qual requer a capacidade de abstração do aluno. Em contrapartida, o conteúdo oferece uma gama de situações cotidianas que podem ser usadas em sala para promover uma abordagem contextualizada e aproximar a aprendizagem do ideal para o aluno. Entretanto, os professores trabalham esse tópico do currículo de Química de forma tradicional, escolha muitas vezes justificada pela falta de laboratório na escola, ou adotada devido à falta de capacitação do professor, somada à dificuldade em desenvolver aulas experimentais com abordagens investigativas. Quando se

[2] De acordo com o Censo Escolar de 2017, 21,7% das escolas são particulares. Cf. Censo Escolar 2017 (BRASIL, 2018).

busca na literatura, é difícil encontrar livros didáticos que possam ser adotados nas escolas que abordem a temática de forma experimental e investigativa; alguns artigos citam trabalhos nesse viés, mas não existe uma obra que permita sua adoção. 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 embase a construção de uma aula contextualizada e com abordagem experimental-investigativa.

A opção por materiais encontrados em casa, farmácias e supermercados para elaboração de aulas práticas, como apontam Rubinger e Braathen (2012) na obra *Ação e Reação – Ideias para aulas especiais de Química* corroboram a viabilidade da elaboração de aulas a partir de materiais cotidianos. Essa abordagem permite que todas as escolas ofereçam aos seus alunos aulas que possam demonstrar o que é discutido em sala, 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).

3.3 Ensino por experimentação

O ensino de ciências constitui uma releitura daquilo que foi escrito através de observações experimentais de pesquisadores e cientistas no passado. Seguindo o método científico, diversos pesquisadores construíram um conhecimento que, a princípio, tinha como função melhorar a qualidade de vida humana. Posteriormente, toda a produção desenvolvida por alguns deveria ser compartilhada, para que esse conhecimento fosse perpetuado para gerações futuras e pudesse propiciar a toda população aplicações desse conhecimento e melhoria na qualidade de vida. Assim, o ensino de ciências foi institucionalizado e passou a fazer parte da vida acadêmica (GALIAZZI, 2004).

A forma como se desenvolve o ensino de ciências, mais estreitamente do ensino da Química, é muito diferente do que foi realizado pelos seus precursores. Atualmente, o ensino de ciências é baseado na estratégia de transmissão de conhecimento, cuja relação verticalizada é responsável por transmitir ao aluno uma grande quantidade de conteúdo, ou seja, sem

instigar o aluno a pensar, a construir o conhecimento e a aprender para utilizar. Essa relação de aprendizagem já é bastante criticada e foge completamente da forma inicial da construção do conhecimento químico, uma vez que grande parte das teorias e leis da Química foi elaborada a partir da observação de fenômenos e problematizações. O fenômeno experimental sempre foi o mote para o desenvolvimento do estudo e elaboração de explicações, o que se distancia das metodologias aplicadas no atual contexto educacional.

Uma forma de contornar esse problema é o uso da experimentação para elaboração de questões que envolvam o conteúdo. Os conhecimentos da Química são construídos a partir de três bases: a) o fenômeno: fato observável que permite analise e indagações; b) a teoria: afirmações compulsórias que talvez permitam explicar o fenômeno; c) a representação: uso de linguagem que caracteriza a Química e permite representar os itens anteriores. A experimentação, dessa forma, tem como função englobar os pilares do conhecimento químico em um ponto de convergência que permite ser o alicerce para a aula. De acordo com Silva (2016), a experimentação contribui para o processo de aprendizagem, pois (a) promove a motivação; (b) permite o trabalho em grupo; (c) inventiva a tomada de decisões; (d) aprimora a habilidade de observação e tomada de notas; (e) permite a análise de dados e proposição de hipóteses; (f) permite a construção de conhecimento de conhecimento científico; (g) permite a compreensão entre ciências, tecnologia e sociedade.

Logo, pode-se perceber que uma aula elaborada a partir de uma ideia central experimentativa enriquece o processo de aprendizagem, tornando-o mais próximo ao aluno, além de exercitar e desenvolver inúmeras habilidades não só acadêmicas, mas também sociais. De acordo com Costa (2008), o uso da experimentação para enriquecer o processo de aprendizagem pode ocorrer de diferentes maneiras, que podem ser divididas em (a) experimentação investigativa; (b) experimentação ilustrativa; e (c) reelaboração de conceitos através da experimentação. Na experimentação investigativa, o experimento é utilizado como provocador para dar início às discussões a respeito do tema da aula, em que há construção do conhecimento através das tentativas de solucionar problemas, como mostra o experimento proposto por Silva *et al* (1995) em *À procura da vitamina C*. Já na experimentação ilustrativa, o experimento tem a função de permitir a visualização das leis, características ou propriedades discutidas previamente em uma aula expositiva (GALIAZZI, 2004). A reelaboração de conceitos através da experimentação, argumenta Costa (2008), é um tipo de experimentação que permite a discussão de resultados para experimentos comuns nas aulas de ciências que construíram explicações questionáveis a respeito dos resultados e, de certa forma, perpetuaram um conceito equivocado de algum tema da Química.

3.4. Ensino por investigação

Embora o ensino por investigação já esteja consolidado na América do Norte e Europa, essa metodologia tem sido fortalecida gradualmente no cenário nacional de pesquisas em educação brasileiro, através de nomes como Borges e Rodrigues (2004); Mortimer e Carvalho (1996); Munford e Lima (2007) e Azevedo (2004). A abordagem do ensino por investigação é uma alternativa viável e interessante ao modelo padrão de ensino, em que o aluno é o coadjuvante na sua história da busca pelo saber. Nos padrões atuais, o professor é o responsável pelo aprendizado do aluno, introduzindo o conhecimento através da oratória e escrita, o que configura uma abordagem de transmissão do conhecimento em que um sujeito atua de forma ativa e os demais, de forma passiva, a partir do momento em que são tidos como receptores. . Assim, o ensino por investigação constitui não apenas uma contraproposta à abordagem atualmente fortalecida, mas cumpre com o caráter de aproximação entre a ciência trabalhada na escola e a ciência desenvolvida por pesquisadores e cientistas.

De acordo com Munford e Lima (2007), essas duas ciências apresentam muito pouco em comum, principalmente no que diz respeito à representação prática das ciências. Em sala de aula, as ciências são trabalhadas de forma abstrata, o que torna o conhecimento aprendido muito distante da forma com que esse conhecimento foi construído. Essa abordagem sugere ao aluno a ideia de que as leis das ciências são imutáveis, vitalícias, uma vez que não se percebe a modernização destas, necessária para acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico. Assim, cria-se um abismo entre o conteúdo abordado em sala e o verdadeiro conhecimento científico, desenvolvido a partir da observação de fenômenos, de teorias construídas e desconstruídas e de leis que torna-se viáveis e críveis apenas por tempo determinado.

Outros pesquisadores apontam para o fato de que construir o conhecimento científico implica participar de práticas científicas. Isto é aprender ciências envolve um esforço maior que o exercício do raciocínio e a ampliação de conhecimentos fenomenológicos. Aprender ciências, nesse sentido, consiste em desafiar ideias prévias do aluno, fazendo-o pensar de forma diferente ao respeito do mundo natural e suas transformações, tentando explicar fatos e fenômenos de uma forma subjetiva. Aprender ciências é fazer parte de uma comunidade científica que vê o mundo de uma forma diferente (DRIVER *et al*, 1999).

O ensino por investigação é, portanto, instrumento que permite que se resgate, no aluno, o instinto natural que o acompanha desde seus primeiros dias de consciência, através,

sobretudo, de questionamentos: Por quê? Como? Onde? A inquietude do ser humano é intrínseca ao indivíduo e está pronta para ser aflorada.

Um marco nos estudos a respeito de educação e ensino por investigação são os trabalhos de Joseph Schwab, o qual, em 1960, propõe que o conhecimento científico seja fragmentado em duas seções: o conhecimento substantivo e o conhecimento sintático. O primeiro é o que se realiza em sala de aula, compartilhando conceitos, modelos e teorias a respeito dos fenômenos naturais; o segundo é o conhecimento de regras na perspectiva das ciências naturais. Esse pensamento subsidiou o que se conhece como ensino por investigação, em que os currículos deveriam incluir os procedimentos que compõem o conhecimento sintático para se chegar ao conhecimento científico.

O ensino por investigação pode ser uma ferramenta no ensino de Química, desde que previamente organizada pelo professor. Ao contrário do que eventualmente se pensa a respeito desse tipo de ensino, ele não requer que todas as atividades sejam práticas, sendo possível e até muito proveitoso atividades investigativas independentes. Nesse tipo de abordagem, como já discutido, o aluno não está livre para atuar de forma completamente independente, uma vez que o professor tem o papel de guiá-lo em busca do conhecimento, mantendo sua atuação frente ao aluno como mediador, e não de sujeito protagonista. Do ponto de vista pedagógico, o ensino por investigação deve aproximar o estudante da metodologia utilizada para a construção do conhecimento, precavendo-se da banalização da pesquisa científica.

De acordo com Carvalho (2014), em sua obra *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*, o foco principal do ensino por investigação não é transformar o aluno em um cientista, haja vista suas limitações no que diz respeito ao processo de maturidade e autonomia científicas, bem como a ausência de habilidades no uso de ferramentas específicas para tal fim. Sua proposta consiste em transformar a sala de aula em um ambiente investigativo, onde o professor possa mediar o processo de aprendizagem, para que, gradativamente, os espaços de ensino estejam contextualizados a partir de uma linguagem científica capaz de letrar os alunos nessa área do conhecimento.

Outro ponto que pode ser levantado como argumento na implantação do ensino por investigação seria a aprendizagem significativa, abordagem teórico-metodológica desenvolvida por David Ausubel (1980). Nesse pensamento, considera-se que o conhecimento adquirido pelo indivíduo ao longo de sua experiência de vida, conceituado como ideias-âncora, dialoga com as novas informações e conhecimentos construídos pelo sujeito. Em outras palavras, considera-se o indivíduo não é uma tábua limpa, pronta para que seja talhada

qualquer informação, mas um ser com um apanhado de conhecimento que pode ser utilizado no processo de aprendizagem. No entanto, a abordagem investigativa apresenta uma desvantagem quando comparada a outras abordagens pedagógicas, como a que se refere ao tempo demandado para sua aplicação. Atividades investigativas necessitam de diálogo entre os alunos, argumentação e levantamento de hipóteses que devem ser testadas para que o processo de aprendizagem evolua. A atual estrutura do currículo de Química, de acordo com Mortimer *et al* (2000), é repleta de conteúdos cuja função é pouco aplicável na vida do indivíduo. Apesar de extenso, o currículo deve ser cumprido nas escolas, o que demanda tempo. Com atividades com maior duração que atividades convencionais, o ensino por investigação apresenta, portanto, um obstáculo para o cumprimento de currículo nas escolas.

3.5 Legislação educacional

O ensino de Química no Brasil na educação básica começa após a reforma educacional Francisco Campos, em 1931. Nesse período, a Química assumia a função de aproximar o estudante das ciências, conferindo-lhe conhecimento científico e relacionando a disciplina a fatos do seu dia a dia, isto é, contextualizando a abordagem da disciplina (LIMA 2013*)*.

Em 1971, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei nº 5.962 (BRASIL, 1971), afasta o caráter contextualizado do ensino de Química, tornando foco o conhecimento técnico-científico voltado ao ensino profissionalizante. Até a década de 1980, vale ressaltar, o Ensino Médio brasileiro foi marcado por dois tipos de formação, a humana-científica, caracterizada pela preparação do indivíduo para o ensino superior, e a formação técnica, a qualpriorizava a capacitação profissional. Esse tipo de ensino esteve vigente até o final dos anos 1990, quando, em 1996, foi reformulado através da LDB nº 9.394, a qual propunha a implementação, via Ministério da Educação, da reforma do ensino profissionalizante, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais. A intencionalidade desses documentos era acompanhar as reformas de ensino que ocorriam no exterior devido ao processo de globalização. Em todo mundo, os programas de ensino estavam sendo reformulados devido às transformações culturais, sociais e econômicas ocorridas no período.

No que se refere à Química, o PCNEM 1999 (BRASIL, 1999a, p. 4) propõe

> [...]para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção,

> satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade.

A proposta do PCNEM (1999) representa, dessa forma, uma reformulação do ensino, até então compartimentado, descontextualizado e tecnicista. Assim, livros didáticos, currículos escolares e abordagens metodológicas passaram por diversas reformulações. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação propunha, a partir de então, que o estudo ao fim do ciclo da Educação Básica deveria ter, em sua formação, a competência e a habilidade para aprender a conhecer (metacognição), aprender a fazer (tecnicismo), aprender a conviver (coletividade) e aprender a ser (humanismo). A educação no Brasil, a partir dessas mudanças, passou a indicar novas possibilidades no que diz respeito ao processo de ensino e aprendizagem. Em 2002, houve o lançamento, através do MEC, dos Novos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN +, documento cujo foco era o trabalho dos professores e diretores. Além disso, o documento tinha como objetivo apresentar novas orientações direcionadas a abordagens de conteúdo mais específicas no ensino, aprofundando ainda mais as diretrizes propostas pelo PCNEM (BRASIL, 2002).

O PCN+ é um documento cuja base pedagógica consiste na matriz de especificação de competência e habilidades do ENEM, uma vez que todos os temas aos quais faz orientações pedagógicas são utilizados na matriz. O documento propõe que cada disciplina não é, em si um, conjunto de conhecimentos isolados; ao contrário, fazem parte de metas educacionais de uma grande área, no caso, ciências da natureza. Dessa forma, o ensino perpassa a perspectiva da interdisciplinaridade, descontruindo a ideia de blocos isolados de conhecimento, fazendo com que uma disciplina transite pelas demais, criando um conhecimento entrelaçado e abandonando a ideia de fragmentação.

De acordo com o PCN+ a Química é um instrumento fundamental na formação do indivíduo. Dessa forma, seu ensino deve ocorrer de forma integrada e significativa, promovendo o raciocínio crítico, capaz de interpretações de fenômenos, julgamentos e avaliações a respeito da natureza das transformações e dos materiais, além das suas relações com o sistema de produção, seja industrial ou agrícola, e a sociedade. Para isso, a forma de memorização de fórmulas e equações, conhecimentos fragmentados e desligados devem ser abandonados e dar lugar ao ensino humanizado, que prioriza a construção do conhecimento através das experiências e que considera a intercomunicação, as relações sociais, o conhecimento prévio e a realidade do aluno.

O PCN+ ainda dispõe de algumas colocações a respeito do ensino de caráter investigativo. Apesar de essa abordagem possibilitar o imaginário de um pensamento científico, exercido em laboratórios por homens vestidos de jaleco branco, o senso de investigação faz parte do cotidiano e "[...] se traduz na realização de medidas, na elaboração de escalas, na construção de modelos representativos e explicativos essenciais para a compreensão de leis naturais e de sínteses teóricas." (PCN+, p. 25). De acordo com o documento, o ensino deve ser embasado em contextualização dos temas, interdisciplinaridade, linearidade dos conteúdos, promoção da argumentação, problematização nas aulas e investigação.

3.6 Química ambiental: o resíduo eletroeletrônico

A Química nos permite a compreensão do mundo, dos fenômenos e das suas condições de vida e seu ensino tem relação direta com a forma como lidamos com o meio ambiente e o preservamos. Como consequência, em escala global, da falta de incentivos, a educação ambiental e ênfase em Química ambiental, pois estamos vivendo um momento crítico no que se refere ao meio ambiente e seus ecossistemas. Os oceanos estão contaminados com toneladas de plásticos, os rios recebem esgotos sem tratamento, as atividades mineradas promovem estragos sem precedentes no solo, o lixo produzido pelo ser humano, sem tratamento adequado, vem contaminando ecossistemas e poluindo nascentes, dentre outros muitos efeitos produzidos a partir da ação humana. Como alternativa de reversão a esse contexto, Reigota (*apud* CARVALHO *at al*, 2017, p. 112) aponta "uma perspectiva pedagógica e política, voltada à construção da cidadania, igualdade, justiça e possivelmente de uma sociedade sustentável", como possível base para uma mudança no comportamento e recuperação do nosso planeta para as gerações futuras.

A Química ambiental faz parte do currículo de Química no Ensino Médio, interseccionada, também, com parte da grade 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.

Nesse contexto, pode-se orientar a discussão a respeito do *e-waste*[3]. Com a revolução tecnológica e os avanços alcançados nas indústrias da informação, os aparelhos eletroeletrônicos tem estado cada vez mais presentes nas casas, a nível mundial. 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 tem 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.

O descarte e o tratamento inadequados do resíduo eletroeletrônico configuram uma questão preocupante, uma vez que há, em sua composição, diversos metais pesados (Tabela 1) que podem contaminar o solo e a água, além de plástico, material que demanda milhões de anos para que seja decomposto. Em um computador, por exemplo, é possível encontrar chumbo, vanádio, bromo, bário, mercúrio e antimônio. Outros elementos encontrados em resíduos eletrônicos estão dispostos na tabela a seguir:

[3] Em português, o conceito é traduzido como *lixo eletrônico*, ou *resíduo eletroeletrônico*, como será aplicado nessa pesquisa.

Tabela 1– Alguns elementos encontrados no resíduo eletroeletrônico

Elemento Químico	Onde é encontrado	Problemas causados
Mercúrio	Soldas, sensores, termostatos, termômetros.	Acúmulo nas sinapses dos neurônios, danos neurológicos.
Chumbo	Monitores, tubos de raios catódicos, soldas, circuitos.	Danos no sistema neurológico, rins e sistema sanguíneo.
Cádmio	Baterias de Ni-Cd, soldas e circuitos integrados.	Câncer, danos ao ossos e rins.
Arsênio	Interruptores, transmissores e placas de circuito.	Danos à pele, pulmão e agente cancerígeno.
Cromo	Estrutura metálica do computador.	Nefrotóxico.
Tântalo	Placas de circuitos impresso Fontes de energia.	Cancerígeno.

Fonte: UDESC, Disponível em: < http://nti.ceavi.udesc.br/e-lixo/index.php?makepage=composicao>

Nesse contexto, torna-se função da escola fazer com que os alunos estejam preparados para assumir um papel de difusor de ideias a respeito do lixo eletroeletrônico. Assim, os alunos 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, cumprindo o caráter de formadora de indivíduos críticos que possam melhorar sua qualidade de vida e da sociedade com um todo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Metodologia

O trabalho apresentado propõe uma abordagem para o ensino da eletrólise a partir de uma sequência de atividades de cunho investigativo, a qual perpassa a construção de um equipamento de condutância, 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 grafite de pilhas usadas, carregadores de celular descartados e tubos em U de lâmpadas fluorescentes, passamos a etapa de construção de células eletrolíticas para realizar eletrólises de soluções aquosas. O material utilizado foi coletado através de uma campanha realizada na escola, a qual buscou incentivar o recolhimento do resíduo eletrônico descartado pela comunidade escolar, 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 cinco fases em uma escola da rede particular do município de Ubá, Minas Gerais, no ano letivo de 2018. A escola em que a pesquisa foi realizada, o Colégio Sagrado Coração de Maria de Ubá, é uma instituição que compõe uma rede de escolas particulares, rede Sagrado, e faz parte da Congregação Sagrado Coração de Maria no Brasil. A escola escolhida tem segmentos de educação infantil, ensino fundamental I e II e Ensino Médio, contando com cerca de 800 alunos.

Como o assunto de eletroquímica é comumente ministrado no 2º ano do Ensino Médio, a pesquisa foi realizada com esta série no colégio em questão, onde o pesquisador é professor regular desde 2011. Um total de 39 alunos, com idades entre 16 e 17 anos, participaram da pesquisa.

Os dados coletados ao longo do trabalho, bem como as fotos e os 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. Todos os documentos produzidos foram arquivados para fins de estudos e consultas, como referência para pesquisas posteriores. Vale ressaltar que todos os documentos serão destruídos após um prazo de 05 (cinco) anos após o final da pesquisa.

O trabalho foi realizado em 06 etapas, 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 (Apêndice A) voltado para a temática da eletrólise, 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 eletrólise;

Etapa 5 – Aula expositiva dialogada sobre eletrólise;

Etapa 6 – Aplicação de um pós-teste (Apêndice B), visando averiguar a construção do conhecimento pelos alunos a respeito do tema.

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

4.1.1 Sequência didática

Resíduo eletroeletrônico e produção de gás Hidrogênio por Eletrólise

Conteúdo:

Química Ambiental e Eletroquímica

Objetivos:

- Conscientizar os estudantes sobre o descarte inadequado do resíduo eletroeletrônico;
- Construir um equipamento capaz de realizar a eletrólise em solução aquosa reciclando o resíduo eletroeletrônico;
- Elucidar os processos de eletrólise a partir da realização experimental da eletrólise da água, utilizando o equipamento construído pelos estudantes.

Tema:

A Química Ambiental e a Eletroquímica permitem uma contextualização que transcende a sala de aula, deixando o professor livre para trabalhar situações que são discutidas no dia a dia do aluno. O descarte de resíduo eletroeletrônico é um assunto recorrente em jornais impressos e revistas uma vez que o consumo de produtos eletroeletrônicos tem crescido exponencialmente. No Brasil, por exemplo, temos um numero maior de celulares, 306 milhões, do que habitantes, e esses aparelhos tem uma vida útil de 2 anos em média. Logo, a cada dois anos tem-se um volume considerável de resíduo proveniente da troca de celulares. Como o país ainda não trata esse tipo resíduo de forma ambientalmente adequada, deve-se, no mínimo, conscientizar os alunos sobre tal situação. Uma parte desse resíduo é constituído de

metais que podem ser reutilizados no ensino de Eletroquímica e, além desses constituintes, outros como bastão de grafite que podem ser utilizados como eletrodo em processos eletroquímicos. Logo, pode-se reciclar uma parte desse resíduo eletroeletrônico nas aulas de Química para construir pilhas e células eletrolíticas.

Público alvo:

Estudantes dos 2º e 3º Anos do Ensino Médio.

Tempo total utilizado:

8 aulas de 50 minutos.

Duração:

Embora a sequência tenha seis etapas, foram utilizadas oito aulas de 50 minutos. Essa escolha foi feita para que uma aula inicial fosse usada para aplicar um pré-teste, fazendo um levantamento inicial a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, e na última aula foi aplicado um pós-teste, visando quantificar o aprendizado construído ao longo do processo.

Desenvolvimento

1ª Etapa – Campanha de coleta de resíduo eletroeletrônico

Iniciou-se o processo com uma campanha de coleta de resíduo eletroeletrônico na escola onde a pesquisa se realizou envolvendo estudantes, professores e funcionários. Esta fase inicial teve como objetivo levantar provocações sobre o destino dado a este tipo de resíduo bem como conscientizar a respeito do tratamento ambientalmente adequado e a coleta desse resíduo para a logística reversa prevista na legislação. A campanha foi promovida durante os 30 dias que anteciparam o conteúdo de Eletrólise, para que o resíduo coletado fosse utilizado na construção do kit experimental de Eletroquímica utilizado na experimentação. Durante o período da campanha de coleta foram trabalhados textos sobre o resíduo eletroeletrônico para motivar e informar os alunos a respeito do tema. Também é aconselhável a indicação de documentários para que o aluno assista em casa ou na própria escola.

- Documentário: *Seremos história* (2016).

2ª Etapa – Aplicação do pré-teste

Nesta etapa aplicou-se um pré-teste constituído por seis questões discursivas, no qual 39 alunos foram organizados em fileiras para que respondessem individualmente em regime de avaliação. As questões desse pré-teste possuem caráter diagnóstico, sendo as respostas

consideradas para que o professor pesquisador pudesse mensurar os conceitos já trazidos pelos seus alunos para as aulas de eletrólise. O pré-teste teve duração de uma aula de 50 minutos e foi aplicado antes de se dar início às aulas de eletrólise. A partir da análise dos resultados desse pré-teste, planejou-se intervenções que nivelaram os conhecimentos dos alunos a respeito dos conceitos abordados, considerados importantes para a introdução da eletrólise. As intervenções se basearam em discussões que retomaram o tema esclareceram os conceitos equivocados.

3ª Etapa – Construção do Kit Experimental de eletrólise

Antes de começar a atividade foi certificado que todas as medidas de segurança em trabalhos de laboratório foram tomadas. Todos os alunos participantes da pesquisa estavam usando jaleco, luvas, óculos de proteção, calçados fechados e cabelos longos amarrados.

Os alunos foram separados em equipes de seis ou sete componentes, as quais receberam os materiais obtidos a partir do resíduo eletroeletrônico coletado na primeira etapa, como pilhas, carregadores de celular e lâmpadas fluorescentes, além de tubos de canetas esferográficas transparentes. Foi solicitado aos alunos que trouxessem um alicate de ponta fina para esta atividade. Em seguida, os alunos receberam um roteiro para execução da atividade que foi lido inicialmente em voz alta com todos acompanhando a leitura. Após a leitura, o professor pesquisador indagou os alunos a respeito do tema do texto de apoio, dialogando com os estudantes a respeito do uso do resíduo eletroeletrônico para produzir o equipamento a ser utilizado na eletrólise da água. A partir desse momento, o professor pesquisador deixou que os alunos fizessem as atividades propostas de forma protagonista, apenas acompanhando os trabalhos e auxiliando quando solicitado. No final da aula o professor pesquisador colocou um questionamento sobre o tema estimulador: Como utilizar o resíduo eletroeletrônico para produzir gás hidrogênio?

Essa atividade foi muito interessante uma vez que põe os estudantes em contato com uma situação-problema real em que os estudantes precisam utilizar seus conhecimentos para solucioná-la.

Para esta etapa foram utilizadas três aulas de 50 minutos.

4ª Etapa – Aula experimental de eletrólise

Para otimizar o tempo de execução da prática o laboratório foi previamente organizado para receber os alunos. Cada equipe recebeu os materiais necessários e o roteiro para a realização da atividade. O professor pesquisador acompanhou o andamento dos procedimentos dando suporte aos alunos com relação à montagem da atividade experimental e sua realização. Os alunos realizaram a eletrólise de forma autônoma, e observaram atentamente as evidências das reações sem induzir respostas ou sugerir resultados. Nos quinze minutos finais os alunos foram provocados pelo professor pesquisador a respeito dos gases produzidos em cada polo,

as cores diferentes adquiridas pela solução de sulfato de sódio e a necessidade de se usar um eletrólito (no caso o sulfato de sódio) para que o processo ocorra. Essas provocações foram a base das discussões promovidas na aula seguinte onde todas as ideias foram consideradas e todas as dúvidas foram elucidadas.

Para essa etapa foi utilizada uma aula de 50 minutos.

5ª Etapa – Aula expositiva dialogada

Esta etapa não teve o caráter de uma aula convencional expositiva de conteúdo, pois a partir das provocações e das argumentações dos alunos é que os conceitos foram apresentados. Assim, os conceitos e aplicações de eletrólise ígnea e em solução aquosa, a prioridade de descarga dos íons, as semirreações de oxidação e redução ocorridas e a Lei de Faraday (aspectos quantitativos) foram surgindo gradual e naturalmente. Os resultados experimentais foram utilizados nos exemplos as respostas foram construídas junto com os alunos para todas as questões levantadas na aula experimental. Dessa forma, os conceitos prontos não foram simplesmente transmitidos aos estudantes, mas sim construídos com a participação deles.

Foram utilizadas duas aulas de 50 minutos para essa etapa.

6ª Etapa

Nessa etapa foram avaliadas as habilidades desenvolvidas ao longo da sequência didática. Este pós-teste foi aplicado para 30 alunos em regime de avaliação, sendo realizado individualmente. O pós-teste é constituído de cinco questões retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Estas questões servem de base para avaliação de habilidades que são contempladas no ENEM. Os resultados obtidos pelos estudantes participantes da pesquisa foram comparados com a média nacional de acerto em cada questão.

Foi utilizada nesta etapa uma aula de 50 minutos para aplicação do pós-teste.

4.1.2 Campanha de coleta de lixo eletroeletrônico

No dia 09 de agosto de 2018, deu-se início ao trabalho. O professor pesquisador, em acordo com a coordenação do colégio, lançou uma campanha de coleta de lixo eletroeletrônico, juntamente com os alunos participantes da pesquisa, sem que os mesmos soubessem a real finalidade do evento. O seu início foi marcado por uma apresentação em sala de aula a respeito do resíduo eletroeletrônico, em que o professor pesquisador mostrou aos alunos dados relativos ao volume de equipamentos eletroeletrônicos produzidos, sua vida útil média e a relação com a quantidade de resíduo total produzido a partir desses

equipamentos. Durante essa apresentação, o professor provocou os alunos sobre ações que poderiam se desenvolvidas a partir desse tipo de resíduo. Por meio dessas discussões, foi proposta uma campanha de recolhimento de resíduos eletroeletrônico, a fim de mostrar aos alunos o volume de material que seria descartado na área de abrangência da campanha. Vale ressaltar que, como mote para a pesquisa, foi aplicado na turma participante da pesquisa o tema de Química ambiental, que se encontrava em andamento junto à classe. Para os alunos, a campanha tinha a função de informar e disseminar a necessidade do descarte adequado e coleta deste tipo de material devido aos danos que podem causar ao meio ambiente e aos seres vivos.

Ao longo de todo mês de agosto, foram recebidos, principalmente, pilhas, baterias, aparelhos celulares, carregadores de celular, monitor de computador, controles remoto e lâmpadas fluorescentes, sistematizados na tabela abaixo:

Tabela 2 – Materiais recebidos durante o período de coleta.

Material	Unidades
Pilhas	56
Baterias	14
Aparelhos celulares	3
Carregadores de celular	27
Monitor de computador	1
Controle remoto	7
Lâmpada fluorescente	6

Fonte: Elaboração do próprio autor

Todos os materiais foram estocados no próprio colégio, em locais seguros para serem usados, posteriormente, na construção dos kits de eletroquímica

4.1.3 Aplicação do pré-teste

Há no Brasil, desde os anos 1990, uma regulamentação sobre pesquisas que envolvem seres humanos, supervisionada e aplicada pelos Comitês de Ética e Pesquisa (CEP),

pertencentes aos hospitais universitários que, por sua vez, compõem o Conselho Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP) no âmbito do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS).

Como todo o trabalho foi realizado com seres humanos, foi necessário solicitar autorização para realização da pesquisa no CEP-UFV, via plataforma digital, através do endereço eletrônico da Plataforma Brasil, do Governo Federal. Em seguida, o projeto é redirecionado ao CEP da instituição em que está inscrito. Assim, após diversas tentativas, no dia 12 de novembro de 2018, foi recebido o parecer (Anexo D – Parecer CEP) autorizando o desenvolvimento da pesquisa.

Após autorização, foram encaminhados aos alunos os termos de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo A – TCLE) e de Assentimento Livre e Esclarecido (Anexo B – TALE). Esses termos asseguram que os responsáveis pelos alunos, menores de 18 anos, autorizem sua participação na pesquisa, cientes dos riscos e precauções que envolvem a pesquisa e permitem que, posteriormente, os alunos aceitem participar de forma voluntária. Com prazo de 02 dias, os 39 participantes devolveram os termos assinados em 03 vias, para que uma estivesse sob responsabilidade da família dos alunos, outra com o pesquisador e a última, com a escola.

No dia 19 de novembro, às 7h50min, foi aplicado o questionário pré-teste, com duração de 50 minutos. O professor pesquisador foi o aplicador do pré-teste, realizado de forma individual, sem consulta pelos alunos e com a presença dos 39 participantes. Esse questionário (Anexo A – Pré-teste) foi elaborado a partir de questões contextualizadas, modificadas a fim de verificar se os alunos possuíam conhecimento prévio a respeito de conceitos básicos de Química, considerados necessários para a compreensão da eletroquímica, mais especificamente a eletrólise e considerando que, em uma educação inclusiva, todo o conhecimento que o aluno tráz consigo para a sala de aula é válido para o processo de aprendizagem.

4.1.3 Construção do kit de eletroquímica

No dia 20 de novembro, às 13h50min, houve a primeira oficina para a confecção dos kits experimentais, usando os resíduos eletroeletrônicos coletados (Figura 1), os quais seriam usados posteriormente, na aula experimental de eletrólise. Durante 01 hora e 40 minutos, os alunos permaneceram no Colégio para a confecção dos kits.

Neste momento, priorizou-se o trabalho em equipe, em que os alunos foram divididos em 06 grupos, sendo 03 deles integrados por 06 alunos e 03 deles integrados por 07 alunos, totalizando 39 estudantes. Como no colégio há laboratório, a atividade foi conduzida nesse espaço; no entanto, poderia ser realizada em sala de aula, sem maiores complicações.

Figura 1 - Materiais obtidos a partir do lixo eletroeletrônico coletado

Fonte: o próprio autor

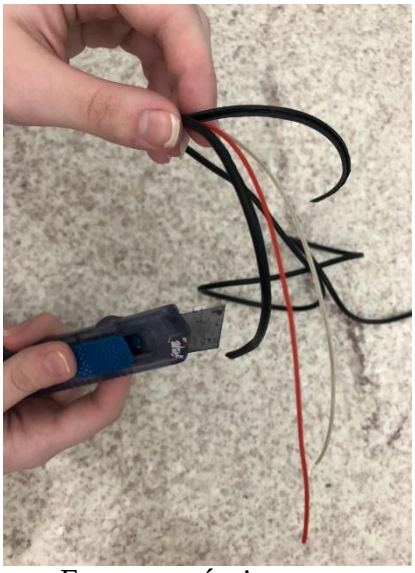
Cada grupo recebeu duas pilhas usadas, um carregador de celular e uma lâmpada fluorescente queimada em formato de U, previamente separados do resíduo eletroeletrônico coletado no mês de agosto. Juntamente com esses materiais, foi entregue a cada aluno o roteiro da aula (Apêndice C) preparada pelo professor. A partir desse momento, os alunos começaram a atividade de forma autônoma, supervisionados pelo professor (Figura 2).

Figura 2 - Leitura do roteiro

Fonte: o próprio autor

A atividade prática foi divida em duas partes, como mostrado no roteiro (Apêndice C), inicialmente focada na construção do eletrodo a partir das barras de grafite presentes no interior das pilhas, um tubo incolor de caneta esferográfica e um carregador de celular, conforme evidenciam as figuras 3 e 4.

Figura 3 – Carregadores de celular usados para a confecção do eletrodo.



Fonte: o próprio autor.

Figura 4 - Bastão de grafite extraído da pilha.

Fonte: o próprio autor.

Com o auxílio de um alicate, os alunos retiraram as capas que ficam na parte externa da pilha e protegem todo seu conteúdo externo. Essas capas, embora sejam metálicas, são facilmente rompidas com o auxílio de uma ferramenta. Na parte interna da pilha foi encontrado um material preto e úmido, dióxido de manganês, e também um bastão de grafite. Manuseando o material, os alunos retiraram o bastão de grafite, objeto de interesse nessa etapa e o lavaram em água, em uma pia que coleta rejeitos de forma separada, para retirar o dióxido de manganês fixado ao redor. Nesse momento, o professor pesquisador mediou a discussão das consequências do descarte indevido desse tipo de resíduo no meio ambiente, além de debater com os estudantes o processo de funcionamento da pilha. Em seguida, de acordo com o roteiro (Apêndice C), os alunos deveriam perfurar o bastão de grafite para introduzir um fio condutor de eletricidade que, posteriormente, seria ligado ao carregador de celular usado. No entanto, os estudantes encontraram dificuldade em perfurar o bastão, devido à dureza e à falta de ferramentas adequadas. O professor pesquisador, dessa forma, conduziu a situação para uma discussão de como seria possível realizar aquela etapa e resolver o problema encontrado, uma vez que não constava no planejamento da atividade. Após alguns minutos de discussão, os alunos questionaram a respeito das propriedades de condução de eletricidade do grafite e sugeriram colar o fio do lado exterior do bastão usando cola quente ou fita adesiva. Em seguida, o professor pesquisador permitiu que os alunos tentassem resolver da forma proposta por eles, uma vez que não havia risco no desenvolvimento do que foi sugerido. Contudo, nenhum dos fixadores usados conseguiu prender com firmeza o fio a lateral do bastão de grafite, o que provocou, por efeito, certa frustração por parte dos alunos.

Após mais alguns minutos de discussão, analisando o material, eles sugeriram colocar o bastão de grafite na ponta da garrafa, como indicado no roteiro, mas agora, com o fio passando juntamente com o bastão pelo orifício na ponta da caneta, de forma a prender o fio por entupimento. Após algumas tentativas, foi possível realizar o procedimento. Pôde-se perceber uma elevação na autoestima da turma, o que os aproximou ainda mais do processo.

Seguindo o roteiro, agora os alunos colocariam um conector através da tampa traseira da caneta, a fim de posteriormente conectá-la ao fio que estava preso ao bastão de grafite. O conector sugerido pelo roteiro seria um pino de cabo de impressora, porém, os alunos encontraram dificuldade em extrair o pino de forma intacta do fio da impressora. Mais uma vez foi aberta uma discussão para que o problema pudesse ser resolvido. Os alunos propuseram atravessar a tampa traseira da caneta com um prego, pois ele conduziria a eletricidade, além de facilitar o processo de construção dessa parte do equipamento. Como não apresentou risco à integridade dos alunos, o professor pesquisador permitiu que a ação fosse realizada. Como o desenrolar da atividade não ocorreu da forma prevista, foi necessário usar mais uma aula de 50 minutos para que os alunos conseguissem realizar a segunda parte do roteiro, que consistia na construção do kit, o que ocorreu no dia 26 de novembro, segunda-feira de 07h50min às 08h40min, conforme mostram as figuras 7 e 8.

Nesse dia, os alunos retornaram para conectar todas as partes previamente elaboradas e, assim, confeccionar o eletrodo. Para isso, foi usada solda eletrônica como agente soldante e conetor das partes. Como sugestão para plugar o carregador de celular ao lado do prego que ficou para o lado de fora da tampa, foi proposto o uso de jacarés de contato, soldados ao fio do carregador de celular.

No momento do uso do aparelho de solda ou da retirada do bastão de grafite do interior da pilha, alguns grupos apresentaram dificuldade (Figuras 5 e 6). Nesse momento, houve intervenção do professor a fim de evitar qualquer acidente com o manuseio dos equipamentos.

Figura 5 - Manuseio dos materiais usados na aula.

Fonte: o próprio autor.

Figura 6 - Retirada dos bastões de grafite do interior da pilha.

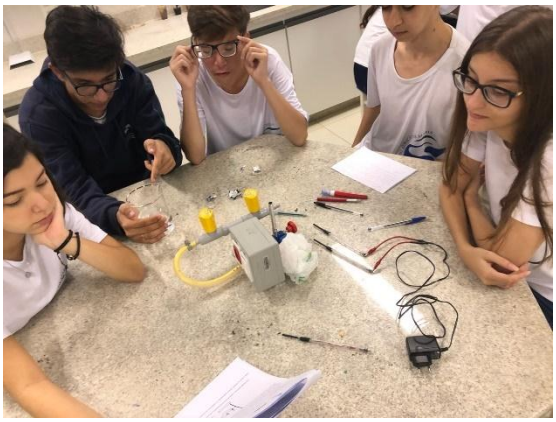
Fonte: o próprio autor

A segunda parte é voltada para produção do tubo em U a partir da lâmpada fluorescente e o preparo das soluções necessárias para a atividade prática da eletrólise. Nesse momento, os alunos tomaram as lâmpadas fluorescentes e, com o auxílio de um alicate e uma lima, quebraram as lâmpadas no formato de um tubo em U. No entanto, alguns alunos não conseguiram produzir tubos em U que não apresentassem pontas cortantes nas extremidades, as quais apresentariam riscos durante o uso da vidraria. Devido à fragilidade do material, quando os alunos tentavam aparar as pontas, o vidro quebrava ainda mais. Assim, optamos por não usar algumas das lâmpadas produzidas devido ao risco apresentado.

Após a confecção dos tubos em U, os alunos, seguindo o roteiro, deram continuidade à atividade preparando uma solução de sulfato de sódio 0,5 mol/L. Para isso, foram pesados em uma balança de precisão, com o auxilio de um béquer, 14,000g de sulfato de sódio. Ao béquer foram adicionados 30 mL de água destilada que, posteriormente, foram transferidos para um

balão volumétrico de 200 mL. Esta operação foi realizada 03 vezes e o volume do balão foi, então, completado com água destilada até 200 mL.

Figura 7 - Eletrodos em fase final de confecção.



Fonte: o próprio autor

Figura 8 - Eletrodos montados e prontos para uso

Fonte: o próprio autor

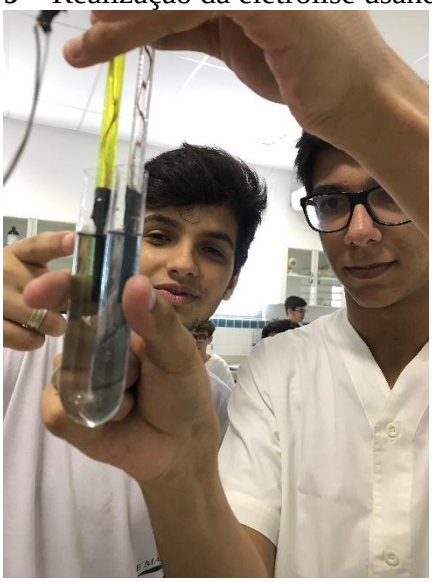
4.1.5 Experimento investigativo utilizando o kit de eletroquímica

No dia 27 de novembro, às 13h50min, os alunos deram início à atividade prática sobre a eletrólise, conforme mostrado na figura 10. 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 cada uma para seu respectivo tubo em U, quantidades de solução 0,5 mol/L de Na_2SO_4, de forma que o tubo permitisse o contato entre a solução no seu interior e os eletrodos de grafite que foram inseridos pelas suas aberturas. O volume de solução não foi

previamente definido porque os tamanhos dos tubos usados variaram de grupo para grupo. Logo em seguida, foram adicionadas duas gotas de azul de bromotimol de cada lado do tubo em U, tornando a solução azulada. 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 permaneceu azul do outro lado.

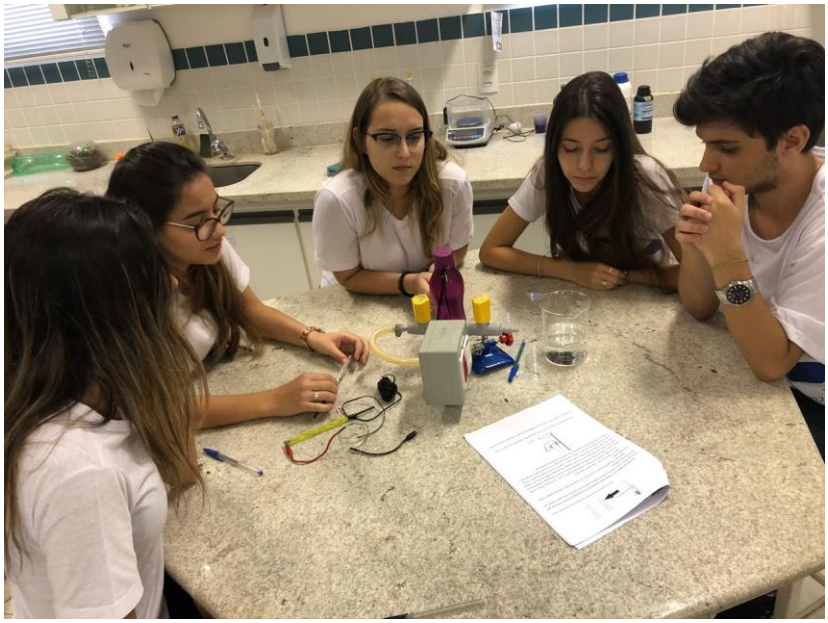
Figura 9 – Realização da eletrólise usando o kit.



Fonte: o próprio autor

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 10.

Figura 10 – Alunos discutindo o roteiro



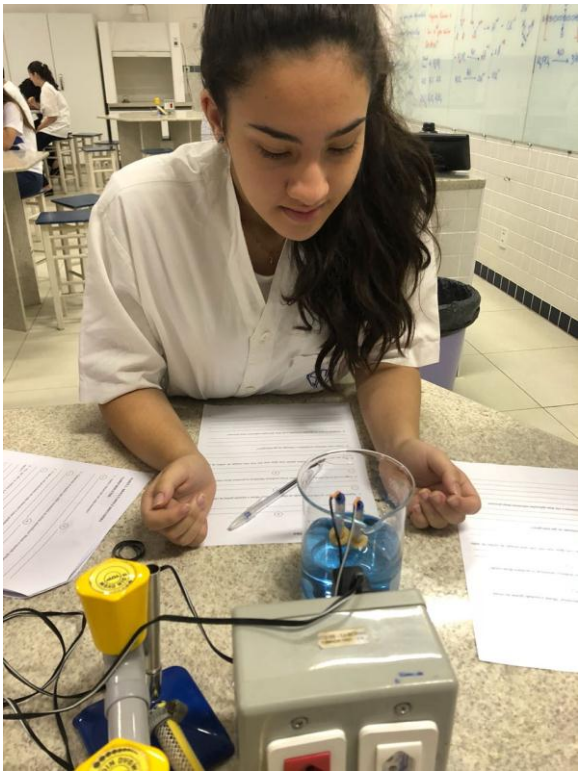
Fonte: o próprio autor.

Alguns grupos encontraram dificuldade em encaixar o eletrodo no interior do tubo em U construído a partir da lâmpada (Apêndice C). Assim, foi permitido que realizassem o experimento em béquer, o que poderia ser substituído por copos de vidro na ausência de tal vidraria, conforme mostram as figuras 11 e 12.

Figura 11 – Eletrolise sendo realizada no béquer.

Fonte: o próprio autor.

Figura 12 – Observação do experimento.



Fonte: o próprio autor.

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 reuniriam para responder e preencher a folha de anotações, e várias das perguntas realizadas por eles estavam presentes nessa folha. Assim, cada aluno, em seu respectivo grupo, discutiu os resultados e, em seguida, respondeu a folha de registro do roteiro.

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

Após esse momento, o professor escreveu a decomposição da água no quadro e confirmou as expectativas dos alunos a respeito dos gases produzidos. O professor tentou testar os gases com o auxílio de um palito em chamas mas a quantidade de gases produzida foi muito pequena para um resultado expressivo.

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 o próximo encontro.

4.1.5 Eletrólise: conceitos, equações e aplicações

No dia 03 de dezembro, às 07h50min, o professor pesquisador ministrou uma aula expositiva a respeito do tema da sequência, com duração de 01h40min. Nesse período, foram discutidos os seguintes tópicos:

- Definição de eletrólise;

- Tipos de eletrólise (Ígnea e Aquosa);

- Aplicações industriais da eletrólise;

- Lei de Faraday (Aspectos quantitativos da Eletrólise).

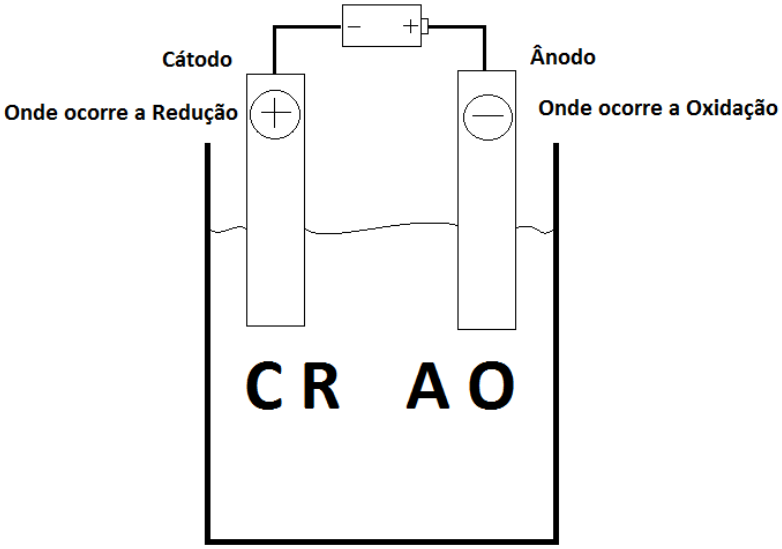
A função da aula expositiva na sequência didática não é de transmitir o conhecimento para o aluno como em uma aula expositiva convencional. Como argumenta Guimarães (2009, p. 198),

> as informações transmitidas em sala respondem aos questionamentos e/ou conflitos de gerações anteriores ao aprendiz. Entretanto, esses conflitos e questionamentos nunca lhes foram acessíveis. Isso só enfatiza uma visão aproblemática da ciência. Consequentemente, as aulas expositivas respondem a questionamentos aos quais os alunos nunca tiveram acesso.

Tratar a aula expositiva de maneira isolada leva o aluno a uma situação problema, uma vez que a abordagem refere-se ao que ele não tem contato ou conhecimento prévio. Seria como lhe pedir para testar uma hipótese a respeito de um problema que o indivíduo nunca o considerou como tal; logo, não há possibilidades de formular hipóteses, haja vista que ele mesmo não considera o problema existente. No entanto, colocar a aula dialogada nesse ponto

do processo de aprendizagem, logo após a montagem do kit de eletroquímica e sua aplicação na aula experimental, tem como função formalizar o conhecimento construído nas aulas anteriores. Essa é uma forma de uniformizar as informações evitando a construção equivocada de conceitos.

Figura 13 – Esquema usado para explicar a eletrólise.



Fonte: o próprio autor.

Inicialmente, foi definido, de forma argumentativa, o conceito de eletrólise, usando o esquema ilustrado (figura 13) para organizar o processo eletrolítico. Ao prosseguir para a distinção dos tipos de eletrólise, foi definida a eletrólise ígnea, sucedida de exemplos, e depois a eletrólise em solução aquosa, também através de exemplos Ao abordar o último tipo de eletrólise, foi apresentada a ordem de descarga dos íons. O interessante, nessa etapa, foi a inferência em relação ao experimento realizado e a diferença entre os tipos de eletrólise a partir dos seguintes questionamentos dos alunos: *"Professor, nós fizemos a eletrólise em solução aquosa, não foi? Não teria jeito de derretermos um sal pra fazer à ígnea aqui, né*?" (Aluno P.B.) Ou, ainda: *"Professor, agora eu entendi porquê que a gente colocou o sulfato de sódio na água, se não, não seria a água que iria sofrer eletrólise!"* Aluno I.B.

Este momento foi de extrema importância, pois através dele tornou-se possível ilustrar e argumentar como os conhecimentos da Química estão entrelaçados. Ao explicar a ordem de reatividade para migração dos íons, retoma-se a reatividade de espécies químicas, estudado no 1º ano do Ensino Médio, reações de oxirredução, também referente à grade curricular do 1º ano, para realização de balanceamentos REDOX, além de características dos grupos da tabela na forma de substâncias simples. A partir da explicação, foi analisado o experimento realizado

e seus resultados. Os alunos conseguiram, através da ordem de descarga (Figura 14), concluir que os gases produzidos foram o hidrogênio e o oxigênio, além de identificar em qual eletrodo essas formações ocorreram.

Figura 14 – Prioridade da descarga

Prioridade de Descarga

Cátions: $\text{IA} < \text{IIA} < A\ell^{3+} < H^{+} < \text{Todos os demais cátions}$ (Prioridade Crescente)

Ânions: $\text{ânions oxigenados e } F^{-} < OH^{-} < \text{Todos os demais ânions}$ (Prioridade Crescente)

Fonte: o próprio autor.

Posteriormente, foram apresentados alguns exemplos de aplicação industrial da eletrólise, como a produção de soda cáustica e gás cloro, a purificação de metais e a obtenção de alumínio a partir da bauxita. Uma porção de bauxita foi exposta aos alunos usando uma amostra coletada na cidade de Cataguases, Minas Gerais, sede da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). No entanto, poderia ser usada uma imagem encontrada na internet, ou algo semelhante. Finalizando a aula expositiva, foram apresentados os aspectos quantitativos da eletrólise, a Lei de Faraday e alguns exemplos foram trabalhados com os alunos em sala, em aula com duração de 01h40min.

4.1.6 Aplicação do pós-teste

O pós-teste teve como objetivo avaliar a eficiência do método utilizado para o ensino de eletrólise, bem como o desempenho dos alunos em questões do Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM, que abordassem o tema. O pós-teste foi aplicado no dia 04 de dezembro, às 13h50min e teve duração de 50 minutos, terminando às 14h40min. O pós-teste foi aplicado de forma individual e sem consulta, com aviso prévio aos alunos sobre a atividade.

Como a função desse tipo de método é proporcionar possibilidades de abordagens para o ensino de eletrólise de acordo com as orientações pedagógicas do PCN+, visando uma formação contextualizada que desenvolva competências e habilidades ao invés da simples deposição de conteúdo, uma maneira de avaliar o método foi utilizar questões que possuíam

essas características e que tenham sido testadas e aprovadas para tal avaliação. Dessa forma, o pós-teste foi elaborado utilizando questões do ENEM de anos anteriores, além de versões ENEM comum, ENEM para pessoas privadas de liberdades e segundas aplicações do ENEM. Pode-se afirmar, também, que o uso das questões desse exame na construção do pós-teste teve por finalidade avaliar o desempenho dos alunos no que se refere às problematizações do exame seletivo, o qual constitui uma das principais formas de inserção ao Ensino Superior.

Essa metodologia se justifica porque, ao acompanhar os resultados das questões de eletroquímica em edições anteriores do ENEM, avalia-se uma grande dificuldade dos alunos em abordagens do tema, o que torna os seus desempenhos muito baixos em relação a questões a respeito de eletrólise na avaliação. Assim, o pós-teste (Apêndice B) foi elaborado com 05 questões de múltipla escolha, retiradas de edições anteriores do ENEM.

4.2 Produto educacional

O Programa Nacional de Mestrado 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 alunos. O desenvolvimento dessas novas metodologias pode ocorrer por meio de roteiros de aula, aplicativos para computador ou celular, elaboração de cartilhas ou apostilas ou, ainda, o desenvolvimento de um produto educacional. Neste trabalho, optou-se por desenvolver uma sequência didática de cunho experimental, com foco em um aparelho que pudesse ser construído e usado por professores e alunos em quaisquer escolas que possuam ou não laboratório.

O aparelho construído é um eletrodo que permite a condutividade de corrente elétrica sem risco para quem manuseá-lo. Montado a partir do resíduo eletroeletrônico, o eletrodo é de baixo custo e permite que uma série de experimentos sejam conduzidos a partir de sua aplicação. Em sua constituição, encontra-se um bastão de grafite retirado de uma pilha usada do tipo AA. Esse bastão foi retirado do interior da pilha com o auxílio de um alicate e, posteriormente, foi limpo para que pudesse ser utilizado, uma vez que no interior da pilha ele se encontra envolto por uma pasta de dióxido de manganês.

O bastão de grafite foi, então, introduzido junto a um fio de cobre reutilizado de circuitos de computador no tubo incolor de uma caneta esferográfica sem carga, conforme ilustra a figura 15. Na outra extremidade do tubo de caneta foi colocado um contato elétrico que permitisse a passagem de corrente através da sua tampa de vedação. Esse contato elétrico pode ser um *plug* de impressora ou até mesmo um contato de jacaré com um prego

atravessado pela tampa inferior da caneta. Como conector à fonte de energia, utiliza-se um carregador de celular descartado, o qual foi adaptado para se conectar ao eletrodo. Além dessas informações mencionadas, o processo de construção do eletrodo se encontra, de forma detalhada, no roteiro da prática, Apêndice C.

Figura 15 – E letrodo construído a partir do lixo eletroeletrônico.

Fonte: o próprio autor.

Além de práticas envolvendo a eletrólise, o eletrodo construído a partir do lixo eletroeletrônico permite que atividades experimentais sejam aplicadas em diversos temas da Química. Pode-se elencar o teste de soluções eletrolíticas e não eletrolíticas, os processos de ionização e dissociação, força de ácidos e bases, além das características e propriedades das formas alotrópicas do carbono.

O kit construído tem como objetivo facilitar a realização de experimentos na eletroquímica, além de fornecer um experimento para eletrólise, tema que os professores encontram dificuldade em ensinar em sala de aula. Com baixo custo e baixo risco, espera-se que o eletrodo possa auxiliar os professores em suas aulas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pré- teste

O questionário aplicado no pré-teste teve como objetivo avaliar o nível de conhecimento prévio trazido pelos alunos para as aulas de eletrólise. Como os alunos ainda não haviam visto nada sobre o tema das aulas seguintes, referente ao tema do trabalho, o pré-teste abordou o assunto, passando por definições e conceitos básicos da Química, que, para um aluno do 2º Ano do Ensino Médio, espera-se ter alcançado nas competências e habilidades propostas no conteúdo.

Os alunos responderam ao questionário do pré-teste de forma individual e durante um período de 50 minutos. Os conhecimentos sondados foram desde a definição da eletrólise, elementos químicos, moléculas e reações de decomposição.

Para se detalhar, cada questão será apresentada seguida da análise das respostas dos alunos, para a discussão dos resultados.

Questão 1 – O que significa a palavra eletrólise?

O intuito dessa pergunta era avaliar se algum aluno já havia tido contato com o tópico através de leituras extras ou algum documentário. Também se esperava avaliar a capacidade dos alunos em determinar o conceito de eletrólise através da etimologia da palavra.

Cerca de 80% dos alunos apresentaram uma tentativa de traduzir a palavra eletrólise de acordo com a sua formação. *Eletro* foi associado aos elétrons, *lise* foi associada à quebra, assim as respostas seguiram a linha de raciocínio da "quebra do elétron". Outros 20% tentaram associar *lise* a quebra de uma possível ligação entre o elétron e o próton, ocorrendo assim a oxidação do átomo. Nenhum dos alunos chegou a uma definição aceitável próxima de eletrólise. Abaixo são apresentadas algumas passagens transcritas, que corroboram com a hipótese apresentada.

Aluno 1 – *"Analisando a palavra diria que eletrólise seria a quebra (lise) dos elétrons (eletro) ou de ligações de um átomo".*

Aluno 2 – *"eletrólise é a quebra/troca de elétrons".*

Aluno 3 – "*A palavra eletrólise significa quebra dos elétrons".*

Aluno 4 – "*Do latim, lise significa quebra, poderia ser a quebra de um elétron".*

Aluno 5 – "*A palavra lise no latim significa quebra e eletro lembra elétron então imagino que eletrólise é alguma coisa relacionada com a quebra ou separação do elétron".*

A segunda questão do pré-teste apresentou um texto de problematização a respeito de alguns conceitos básicos da Química**.** Segue o texto:

Questão 2 – Escreva a fórmula das substâncias mencionadas no texto.
Em uma visita a uma estação de tratamento de esgoto, um aluno presta atenção a fala de um dos técnicos do lugar:
"Como vocês podem notar, nos rios e lagos contaminados por esgoto sem tratamento, vemos peixes e outros organismos aquáticos morrendo afogados na água (risos dos alunos). É verdade – diz o técnico. Eles morrem por falta de oxigênio na água"
Ao ouvir aquilo um dos alunos se pega em pensamento refletindo sobre aquela informação: "Como pode os peixes morrerem se eu estou vendo água no rio e no lago e sei que há oxigênio na água?"

Como se sabe, para o completo entendimento da eletrólise, previamente o aluno deve ser capaz de distinguir o que é uma substância simples ou composta do que é um elemento químico. No texto, propõe-se uma situação problema em que um aluno fictício se encontra em um dilema a respeito da presença de oxigênio na água e ausência de gás oxigênio para a respiração e sobrevivência dos peixes no meio aquático.

Ao solicitar aos alunos que escrevessem a fórmula das substâncias mencionadas no texto, buscou-se avaliar a habilidade do aluno em interpretar as diferentes formas de linguagem usadas na Química como contextualização além de diferenciar substâncias de elementos químicos no texto.

Nessa habilidade os alunos não apresentaram dificuldade, pois 39 alunos participantes, 37 responderam de forma correta a fórmula da água (H_2O) e a fórmula do gás oxigênio (O_2). Os outros 2 alunos cometeram o engano entre o símbolo do elemento oxigênio (O) no lugar da substância gás oxigênio O_2. Com respostas curtas eles responderam:
Aluno 1 – "*água (H_2O) e oxigênio (O)"*
Aluno 2 – "*H_2O e O"*

Pode-se perceber que os alunos tem domínio das fórmulas e representações utilizadas na linguagem Química neste estudo, uma vez que, mais de 90% dos alunos envolvidos na pesquisa alcançou o resultado esperado referente à pergunta.

Questão 3 – Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Com essa questão esperava-se avaliar a capacidade dos alunos em argumentar a respeito das definições de elemento químico e de substância, para que pudesse ser diagnosticado que a resposta referente à questão 2 embasamento.

Pelas respostas apresentadas pode-se diagnosticar que os alunos não conseguiram identificar a confusão apresentada no texto, e até mesmo apresentam alguns conceitos equivocados a respeito da poluição ambiental e a forma como ela influencia na quantidade de oxigênio no meio aquático. Cerca de 40% dos alunos associaram a presença de poluentes à quebra da molécula de água e formação de substâncias Químicas tóxicas aos peixes, demonstrando que possuem conceitos confusos a respeito da eutrofização. Cerca de 20% dos alunos demonstraram saber as diferença entre as definições de elemento químico e substância.

Percebe-se que os alunos ainda não desenvolveram a habilidade de argumentar a respeito da situação-problema apresentada, ou seja, pode-se dizer que não alcançaram a capacidade cognitiva de interpretar o problema. A seguir são apresentadas algumas respostas apresentadas pelos alunos que ilustram o objeto estudado.

Aluno 1 – *"o oxigênio que os peixes necessitam para realizar a sua respiração não é o mesmo que compõe a molécula de água".*

Aluno 2 – *"o menino sabe que há oxigênio na molécula de água, mas não sabe que quando há poluição, estes compostos se juntam ao oxigênio e assim os peixes não terão o oxigênio necessário".*

Aluno 3 – *"a água possui oxigênio porem ele não acaba e sim reduz suas quantidades, dando as substâncias tóxicas".*

Aluno 4 – "*a água é sim composta por oxigênio, porém são perdidos quando há contaminação nos rios, por isso o questionamento do aluno*".

Aluno 5 – "*o estudante confundiu a água, pois para ele não teria diferença se ela estivesse contaminada ou não".*

A próxima questão buscou verificar se o aluno seria capaz de direcionar seu pensamento no sentido das reações de decomposição além de ser um ponto de partida para a eletrólise

Questão 4 – Você acredita que seria possível transformar a água em gás oxigênio utilizando a eletricidade? Se sim, como?

Assim, a intenção era avaliar o conhecimento prévio do aluno a respeito das reações de decomposição e também provocá-lo no sentido de questionar como é possível decompor a água utilizando a eletricidade.

Analisando-se as respostas obtidas pode-se avaliar que os alunos possuem o conhecimento a respeito da decomposição da água, uma vez que, a resposta positiva se repete em vários formulários de resposta cerca de 90%. Em 7 casos até aparece à reação de decomposição da água, porém acompanhada de uma observação de que não saberia como realizar o procedimento usando a energia elétrica. É possível perceber que 90% dos alunos tem a consciência Química de que uma substância composta pode ser decomposta em substâncias simples, o que já é um bom início para o processo de aprendizagem da eletrólise. A seguir são apresentados algumas das respostas dadas pelos alunos a questão 4 do pré-teste.

Aluno 1 – *"Acredito. Não tenho a mínima ideia de como, sei lá, tentando separar os componentes da água".*

Aluno 2 – "*Sim, utilizando a meu ver, algum material que gere corrente elétrica com o hidrogênio deixando assim apenas o O_2".*

Aluno 3 – "*Sim, a molécula da água deve perder os hidrogênios e o oxigênio que sobrou deve se ligar a outro oxigênio, formando assim o gás oxigênio"*.

Aluno 4 – "*Sim. Utilizando-se o processo de oxirredução, possivelmente seria possível transformar água em gás oxigênio"*

Aluno 5 – "*Eu acredito que sim, através da quebra das moléculas de água*".

Seguindo o mesmo propósito da questão 4, a questão 5 apresenta o foco voltado para a outra substância que poderia ser produzida a partir da decomposição da água: o gás oxigênio.

Questão 5 - Se a água possui hidrogênio também em sua composição, seria possível usar a água para obter gás hidrogênio? Se sim, como?

Esperava-se que as respostas seguissem o mesmo padrão do item anterior uma vez que o princípio é o mesmo, a reação de decomposição de uma substância composta produzindo às substâncias simples a partir dos elementos em sua composição.

Apesar de ser um teste para avaliação de ideias prévias dos alunos, nessa questão não era esperado que o aluno conseguisse fazer essa conexão entre os diversos tópicos como eletrólise em solução aquosa e reações de decomposição que a questão envolve, no roteiro

proposto para a aula, uma vez que a ideia da aula é construir alguns desses conceitos, como o de eletrólise. De fato poderia dizer que esta questão é a antecipação do tema da aula experimental, sendo usada também como função para aguçar o pensamento do aluno a respeito da problematização que será apresentada no roteiro de aula experimental. Essa questão é o ponto de partida para a aula, o mote da sequência de aulas: a decomposição da água em substancias simples.

As respostas seguiram o mesmo padrão da questão 4, às vezes aparecendo até de forma resumida, mostrando que os alunos tem a habilidade de reconhecer que é possível decompor uma substância composta em substâncias simples, apesar de não saber como o processo pode ocorrer. Seguem abaixo algumas respostas que exemplificam os resultados:

Aluno 1 – "*Acho que se for possível transformar água em oxigênio, também é possível usar H_2O para obter hidrogênio. Provavelmente quebrando as moléculas de água".*

Aluno 2 – "*Sim, continuando com a mesma ideia da pergunta anterior, com o O_2 retirado, pegaríamos o hidrogênio que não estaria estável na molécula e usaríamos ele".*

Aluno 3 – "*Seria possível através da quebra da molécula de água e posterior união de átomos de hidrogênio".*

Aluno 4 – *"Acho que seria possível obter H_2 a partir do fornecimento de calor para que tenha a quebra da molécula de água formando H_2, sendo possível obtê-lo a partir da água".*

Aluno 5 – "*Sim, quebrando as ligações presentes na molécula de água".*

A partir do transcrito da resposta do aluno nº 4, percebe-se a compreensão de que há necessidade de energia para a quebra de uma ligação e decomposição da molécula. No entanto, uma resposta que foi recorrente em 30% dos formulários chamou atenção: "*Sim, é possível obter hidrogênio pela quebra da ligação de hidrogênio presente na água".* Essa resposta é preocupante uma vez que mostra que a definição de ligação de hidrogênio está equivocada no conhecimento prévio dos alunos. Interações intermoleculares é um assunto apresentado a eles no 1º Ano do Ensino Médio. Assim, utilizando esse equívoco encontrado nas respostas, uma intervenção foi realizada na primeira aula pós-aplicação do pré-teste.

Questão 6 – Você acredita que o gás hidrogênio poderia ser usado como combustível? Já ouviu alguma aplicação desse tipo?

A última pergunta do questionário traz uma diagnose envolvendo o termo Química a respeito dos combustíveis. Como o termo Química já havia sido estudada na turma, a discussão a respeito do hidrogênio estava muito recente para os alunos. Assim, todas as

respostas seguiram um padrão afirmativo já esperado, ainda citando o uso do gás hidrogênio como combustível nos foguetes.

A seguir exemplificam-se as respostas com alguns exemplos de respostas dadas pelos alunos.

Aluno 1 – *"Sim, ele é utilizado como combustível em foguete".*

Aluno 2 – *"Sim, em foguetes a serem enviados para o espaço".*

Aluno 3 – *"Sim, aplicações desse tipo de combustível é feita pela NASA em seus foguetes".*

Aluno 4 – *"Sim, no motor de nave espacial".*

Aluno 5 – *"Sim, nos foguetes da NASA".*

Um padrão de respostas chamou atenção nessa pergunta:

"Sim, a partir de fusões, onde ocorrem pequenas explosões, que tem como produto a geração de energia, que poderia ser usada como combustível".

Essa associação do hidrogênio com a energia nuclear apareceu em cerca de 25% das respostas, o que chama atenção pois as reações nucleares ainda não haviam sido abordadas na turma. Percebe-se que esses alunos possuem conhecimentos além do esperado, provavelmente obtidos da internet.

Avalia-se que um questionário tipo pré-teste poderia ser aplicado antes de todas as introduções de conteúdo, uma vez que ele gera um diagnóstico geral do conhecimento prévio dos alunos e permite intervenções pontuais para que o processo não continue com falhas de entendimento em seu alicerce.

5.2 A sequência didática como cunho experimental

As aulas de Química tradicionais, apresentando o conteúdo de forma expositiva, uso de quadro e giz e às vezes um recurso digital, como um Datashow, é uma zona de conforto para o professor realizar seu trabalho. Além de se acostumar com padrão criado para lecionar, a sua posição diante da turma como detentor do poder faz com que a atmosfera da aula se torne entediante por se estabelecer a conexão de transferência de conteúdo, daquele que o possui, para o que está apto para recebê-lo, assim o interpreta.

Ao propor a sequência didática com cunho experimental percebe-se uma atmosfera de curiosidade e motivação para aprender pelos estudantes.

Após a aplicação do questionário pré-teste, uma breve discussão a respeito do resíduo eletroeletrônico e da possibilidade de se produzir gás hidrogênio a partir da água foi levantada

em sala. Ao colocar a pergunta e propor uma forma de fazê-lo, os alunos se mostraram curiosos e ansiosos por produzir o gás a partir da água. Ao se sentirem confrontados: "*É possível produzir gás hidrogênio a partir da água?",* os alunos adquiriram um espírito de investigação e se mostraram receptivos às propostas do professor para a aprendizagem do tema. A fala de um aluno transcrita a seguir ilustra bem este fato: *"... que isso professor, a gente pode produzir combustível de foguete aqui na sala usando água do bebedor. Isso é top demais".*

Notou-se que a simples forma de se introduzir a aula, não sendo mais com a definição da matéria, mas sim com um desafio, um questionamento, uma problematização, aguçou o interesse dos alunos e promoveu a vontade de participar do processo. Afinal, agora o aluno deixa de ser o coadjuvante e passa a ser o sujeito ativo na construção do seu conhecimento.

Ao dividir a turma em grupos para a produção do kit para posterior uso experimental, pode-se notar que o espírito de ajuda e trabalho em equipe extrapola as expectativas. Os alunos, ao começarem a retirar os bastões de grafite das pilhas, percebiam que integrantes de outros grupos apresentavam dificuldades em realizar a tarefa. Imediatamente se prestavam a fazê-lo, ou ajudar, mostrando que todos estavam dispostos a se ajudar por um bem comum, que no caso era construir os eletrodos para realizar a prática.

Durante a montagem dos eletrodos os grupos se organizaram de forma autônoma, com o professor apenas supervisionando a atividade, de forma que cada grupo fazia uma parte na montagem, como se fosse uma linha de produção. O grupo que tinha facilidade preparava os tubos de caneta, outro grupo já cortava os fios, outro grupo fazia as ligações entre os bastões de grafite e os conectores. Assim foi possível notar que automaticamente, com autonomia, os alunos se organizaram de forma que todos se ajudaram nessa atividade.

Durante a realização do experimento de eletrólise em solução aquosa seguindo o roteiro para montagem experimental, os grupos fizeram a eletrólise com a supervisão do professor, que acompanhava de longe a atuação dos alunos. Nesse momento, percebe-se uma experiência riquíssima que os alunos não vivem em uma aula expositiva: a motivação subjetiva. Ao perceber os resultados do experimento que eles haviam montado desde o inicio, as falas, abaixo transcritas, deixam claro o valor de uma aula nesse formato. *"Não acredito que funcionou, está saindo gás aqui! Meu Deus, a gente é top", "professor, nunca pensei que isso daria certo, eu que fiz! Já posso dar aula no seu lugar.",* "Professor, esses gases são *meus, eu que fiz dar isso aqui, tem como colocar no balão e levar pra mostrar meu pai?".*

A motivação apresentada por eles é a saída que o professor busca para dar o direcionamento à aula e levá-los ao ponto chave que é a busca por respostas às perguntas que

eles mesmos se fazem ao longo da aula. Neste momento, o professor pesquisador foi reproduzindo perguntas feitas dentro dos grupos para tentar explicar o experimento:

- “Que gases são esses?”
- “É a eletricidade que faz isso acontecer?”
- “Por que os lados adquirem cores diferentes?”
- “Por que a quantidade de gás é diferente nos dois lados?”
- “O sal colocado influencia no resultado?”

O professor pesquisador, ao reproduzir esses questionamentos para a turma toda, gerava um momento de discussão entre os pares contribuindo para que os alunos entrem em conflito buscando a capacidade de argumentação dos mesmos. Ao acompanhar os alunos após a reprodução de cada pergunta para a turma, é notável a tentativa de explicação dos resultados entre os alunos. A tentativa de responder as perguntas ou rebater a colocação de um colega permite ao indivíduo analisar uma hipótese, avaliar o seu pensamento, elaborar uma resposta e construir um argumento. Todas essas operações mentais são realizadas frente ao experimento, podendo observar e inferir sobre ele. A condução da aula para tal situação enriquece o processo de ensino e aprendizagem, além de amadurecer o aluno cognitivamente.

5.3 Pós-teste: tabulação de resultados - ENEM

Os resultados do pós-teste, aplicado no final da sequência didática, são apresentados na tabela 3, com todos os resultados reunidos, e posteriormente, cada questão tem seu resultado discutido.

Tabela 3 – Número de respostas por alternativa de cada questão

Nº DA QUESTÃO	A	B	C	D	E	TOTAL/ ALUNOS
1	3	1	0	3	23	30
2	0	0	28	1	1	30
3	0	1	1	22	6	30
4	2	2	3	20	3	30
5	3	1	1	22	3	30

Fonte: elaboração do próprio autor

Pode-se perceber que o número total de alunos que responderam ao pós-teste foi inferior ao número de alunos que responderam ao pré-teste. No dia da aplicação do pós-teste 6

alunos não estavam presentes por diversos motivos e 3 alunos deixaram a escola durante o processo.

5.3.1 Resultados considerando as alternativas

Questão 1 – gabarito E

(ENEM 2012) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer à oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semi-reações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semi-reação	Potencial padrão de redução (V)
$Li^{+} + e^{-} \rightarrow Li$	- 3,05
$K^{+} + e^{-} \rightarrow K$	- 2,93
$Mg^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Mg$	- 2,36
$Al^{+3} + 3e^{-} \rightarrow Al$	- 1,66
$Zn^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Zn$	- 0,76
$Cu^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cu$	+ 0,36

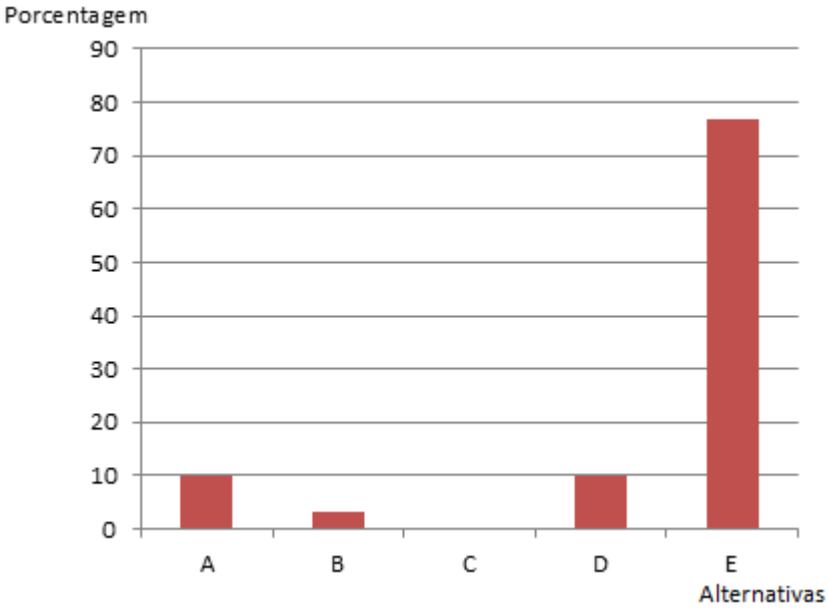
Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

(A) Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
(B) Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
(C) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
(D) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
(E) Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

Como mostrado na figura 16, pode-se inferir que 10% dos alunos que marcaram a alternativa A apresentaram entendimento a respeito das características necessárias para ser um metal de proteção; no entanto, percebe-se uma falha na interpretação do comando, que pede os metais e não apenas um metal. Acredita-se que seja essa a razão de 3 dos 30 alunos apontarem essa como resposta. O aluno corresponde a 3,33% da turma que marcou o item B que aparenta confusão com relação à interpretação do potencial padrão apresentado na tabela ou na definição de proteção de metais. Assim como a parcela da turma que marcou o item B, pode-se afirmar que os 10% que identificaram a alternativa D como resposta apresentaram as mesmas dificuldades que o aluno que marcou a alternativa B. O fato de 76,66% dos alunos terem acertado a questão mostra que a turma pode ser considerada autônoma na habilidade 18 que nos diz:

> H18 – Relacionar propriedades físicas, Químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam. Esta habilidade pertence à competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos. (MATRIZ ENEM, 2019)

Figura 16 – Alternativas assinaladas na questão 1



Fonte: o próprio autor.

Comparando o resultado obtido com a média nacional no Exame Nacional do Ensino Médio, que foi de 23%, podemos avaliar que a metodologia abordada para o trabalho foi eficaz.

Questão 2 – gabarito C

(ENEM 2013) Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e, no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água…

SACKS, O. Tio Tungstênio: memórias de uma infância Química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

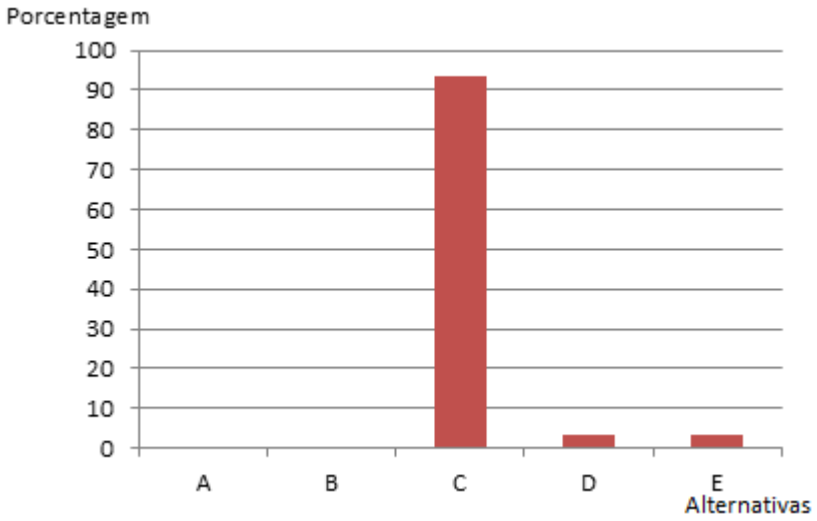
(A) obtenção de ouro a partir de pepitas.
(B) obtenção de calcário a partir de rochas.
(C) obtenção de alumínio a partir da bauxita.
(D) obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
(E) obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

Nessa questão graficamente exposta na figura 17 a habilidade avaliada pertence à competência de área 7:

> Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas. Nessa habilidade, espera-se do aluno: H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção. (MATRIZ ENEM, 2019)

Pelo resultado da questão, apresentado na figura 17, percebe-se que a turma domina a habilidade em questão, uma vez que, mais de 90% da turma conseguiu acertar a questão. Acredita-se que como o exemplo da bauxita foi exaustivamente trabalhado e o texto de apoio da questão tenha como tema a aula experimental, a questão estava totalmente abordada no decorrer das aulas, assim os alunos não apresentaram dificuldade em exercitar a habilidade.

Figura 17 – Alternativas assinaladas na questão 2



Fonte: o próprio autor.

Comparando o resultado obtido com a média nacional no Exame Nacional do Ensino Médio, que foi de 16%, percebemos que habilidade foi desenvolvida com eficácia ao longo das aulas.

Questão 3 – gabarito D

(ENEM-2010) A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de aproximadamente 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas aplicações, sua recuperação torna-se viável economicamente. Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$) durante 3h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10A. A massa de cobre puro recuperada é de aproximadamente

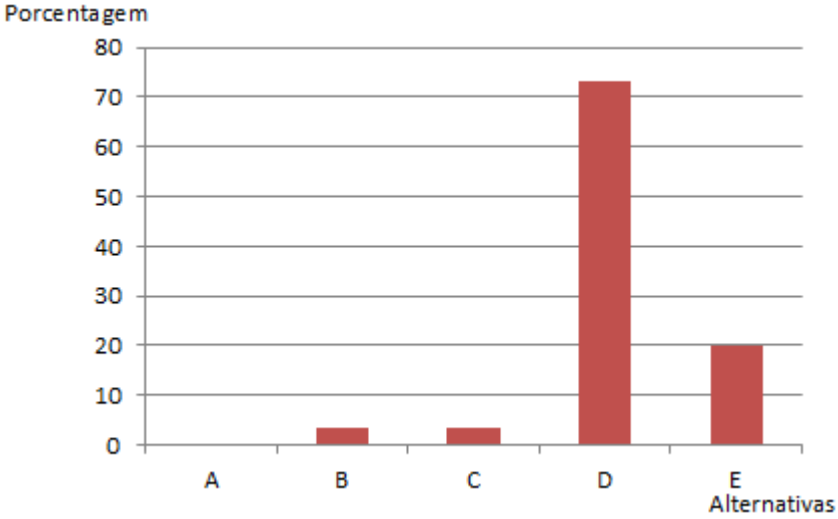
Dados: Constante de Faraday F = 96500C/mol; Massa molar em g/mol: Cu = 63,5

(A) 0,02g
(B) 0,04g
(C) 2,40g
(D) 35,5g
(E) 71,0g

Nessa questão os resultados são graficamente expostos na figura 18, sendo pertencente à competência de área 7:

> Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas, sendo exigido do aluno que tenha domínio da habilidade: H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção. (MATRIZ, ENEM, 2019)

Figura 18 – Alternativas assinaladas na questão 3



Fonte: o próprio autor.

Na prática o aluno precisa realizar uma sequência de cálculos para chegar ao resultado. Na primeira parte dos cálculos, o aluno precisa determinar a carga aplicada durante o processo de eletrólise através da equação 1:

$$Q = i \times t \qquad \text{Eq. 1}$$

Atribuindo o valor da corrente (i = 10 A) e o valor do tempo (t = 10.800 s) em segundos é possível determinar o valor da carga elétrica em Coulomb (C) aplicada no processo, como mostrado na equação 2:

$$Q = 10\ A \times 10.800\ s = 108.000\ C \qquad \text{Eq.2}$$

A partir desse ponto, o aluno deveria equacionar a semirreação de redução do cobre e calcular estequiometricamente a massa de cobre, utilizando a Lei de Faraday, que rege os aspectos quantitativos da eletrólise como mostrado abaixo:

$$Cu^{+2} + 2e^{-} \rightleftarrows Cu^{0}$$

2 mol ---------- 1 mol

2 x (96.500 C) ---------- 63,5 g

108.000 C ---------- X

X = 35,5 g de Cu^{0}

Analisando as respostas é possível prever que a montagem da semirreação de redução, por parte de 20% dos alunos, ocorreu de forma indevida o que os levou a uma resposta incorreta (alternativa E). Provavelmente ao invés de considerar o cátion cobre como bivalente, eles o consideraram monovalente, assim:

$$Cu^{+1} + 1e^{-} \rightleftarrows Cu^{0}$$

1 mol ---------- 1 mol

96.500 C ---------- 63,5 g

108.000 C ---------- X

X = 71,0 g de Cu^{0}

Ainda assim, é possível afirmar que mais de 90% da turma apresentaram domínio da habilidade prescrita pela matriz ENEM para a questão, e ainda é possível afirmar que esses alunos dominaram o conteúdo da Lei de Faraday e a capacidade de resolver situações problema envolvendo o conteúdo, uma vez que um erro conceitual da carga do íon cobre contribuiu para que 20% dos alunos indicassem a alternativa E como resposta.

Comparando o resultado obtido com a média nacional no Exame Nacional do Ensino Médio, que foi de 30%, podemos afirmar que a habilidade Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção foi alcançado com eficácia ao longo das aulas.

Questão 4 - gabarito D

(ENEM- 2013) “O alumínio é um elemento químico de símbolo Al de número atômico 13 (13 prótons e 13 elétrons) com massa atómica 27 u. Na temperatura ambiente é sólido, sendo o elemento metálico mais abundante da crosta terrestre. Sua leveza, condutividade elétrica, resistência à corrosão e baixo ponto de fusão lhe conferem uma multiplicidade de aplicações, especialmente nas soluções de engenharia aeronáutica. Entretanto, mesmo com o baixo custo para a sua reciclagem, o que aumenta sua vida útil e a estabilidade do seu valor, a elevada quantidade de energia necessária para a sua obtenção reduzem sobremaneira o seu campo de aplicação, além das implicações ecológicas negativas no rejeito dos subprodutos do processo de reciclagem, ou mesmo de produção do alumínio primário. O alumínio é obtido industrialmente pela eletrólise ígnea da alumina (Al_2O_3). Indique a alternativa falsa:

(A) O íon alumínio sofre redução.

(B) O gás oxigênio é liberado no ânodo.

(C) O alumínio é produzido no cátodo.

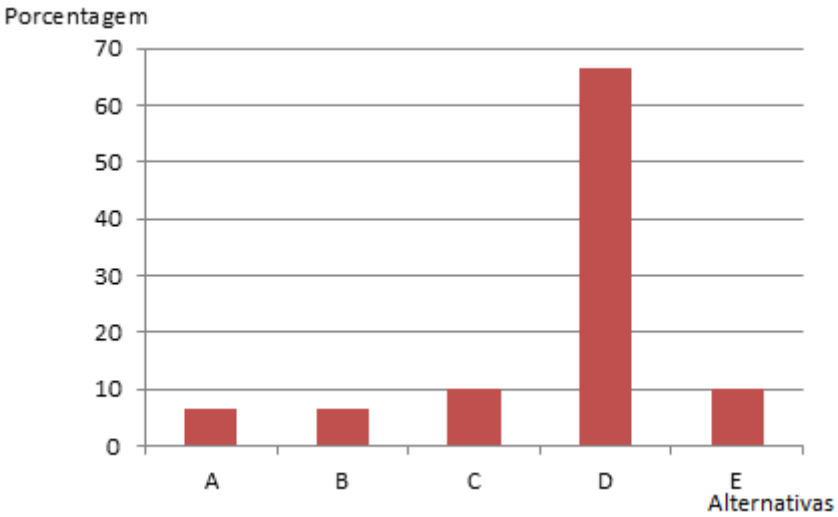
(D) O metal alumínio é agente oxidante.

(E) O íon O^{2-} sofre oxidação.

Nessa questão os resultados são graficamente exposta na figura 19, sendo também pertence à competência de área 7:

> Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas, sendo também necessário o domínio da habilidade: H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção. (MATRIZ ENEM, 2019)

Figura 19 – Alternativas assinaladas na questão 4



Fonte: o próprio autor.

Essa questão apresenta um resultado peculiar em relação às demais questões do pós-teste, pois apesar de 66,7% dos alunos a terem acertado, os 33,3% que não conseguiram respondê-la com êxito se dividiram de forma praticamente homogênea pelos demais distratores. Como essa questão possui um comando de negação, talvez uma das explicações para esse resultado seja falta de atenção dos alunos durante a leitura do comando.

Na alternativa A, afirma-se que o íon alumínio sofre redução no processo de obtenção desse metal a partir da eletrólise ígnea da alumina, o que realmente ocorre, considerando que o tema foi tratado de forma minuciosa, a não percepção do comando de negação das questões pode ter levado a esses alunos a indicarem essa alternativa como sendo a resposta correta.

Na alternativa B, afirma-se que o gás oxigênio é liberado no anodo. Como a questão não afirma que o eletrodo é de carbono, necessário para a produção de CO_2, pode-se considerar que os alunos marcaram esse distrator analisando o resultado da eletrólise da bauxita de forma correta, onde há oxidação do ânion bivalente do oxigênio e formação de gás O_2. No entanto a questão instruía para que se encontre a alternativa incorreta, assim como na justificativa da alternativa A, faltou atenção ao comando da questão.

A alternativa C tem sua resposta atrelada a alternativa A, uma vez que, se uma espécie sofre redução, ela migra para o cátodo da célula eletrolítica. Dessa forma, tanto as respostas A e C se corroboravam, o que com atenção evitaria que qualquer uma das duas fossem assinaladas como corretas, uma vez que assim a questão apresentaria duas respostas. Provavelmente os alunos responderam num primeiro momento de forma mecânica, não se atentando para o comando da questão, o que os levou a cometer tais erros.

A alternativa E pertence ao mesmo raciocínio da alternativa B, tornando assim as duas alternativas apoiados no mesmo conceito, tornando ambos os distratores corretos. Da mesma forma que ocorre entre os itens A e C, a análise dos itens junto com a leitura do comendo deveria impedir que qualquer uma das duas alternativas fossem assinaladas como resposta.

Questão 5 – gabarito D

(ENEM 2017) A eletrólise é um processo não espontâneo de grande importância para a indústria química. Uma de suas aplicações é a obtenção do gás cloro e do hidróxido de sódio, a partir de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Nesse procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.

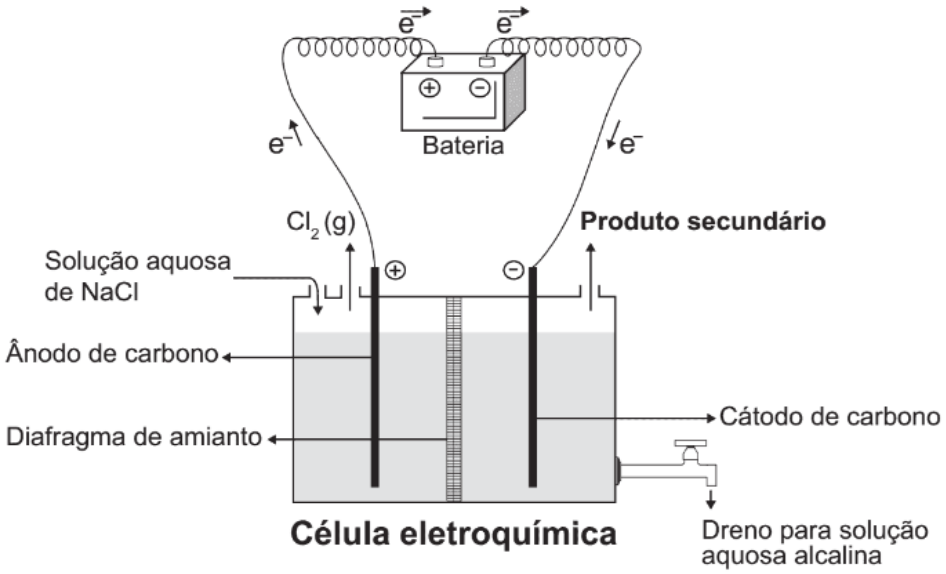


Figura – Indústrias de processos químicos.
Fonte: SHREVE, R.N.; BRINK Jr.J.A. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997 (adaptado)

No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o:

(A) Vapor de água

(B) Oxigênio molecular

(C) Hipoclorito de sódio

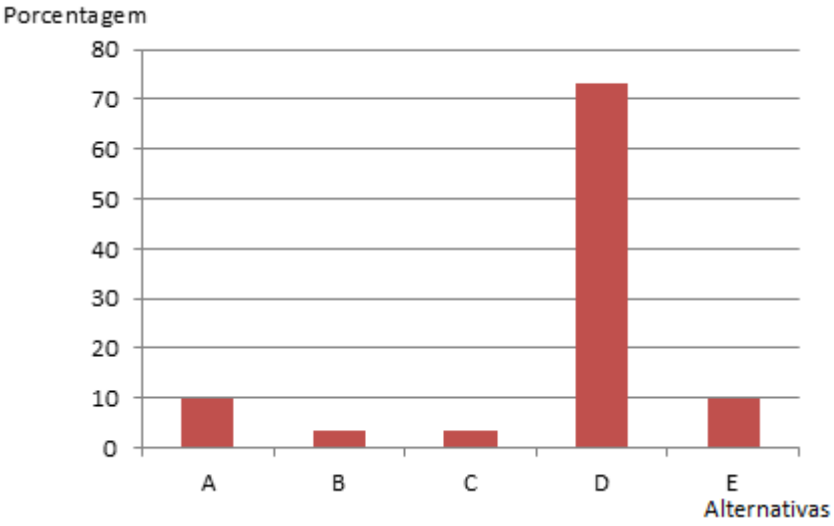
(D) Hidrogênio molecular

(E) Cloreto de hidrogênio

Segundo graficamente mostrado na figura 20 a questão do pós-teste também pertence à competência de área 7*:*

> Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas, sendo também necessário o domínio da habilidade: H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção. (MATRIZ ENEM, 2019)

Figura 20 - Alternativas assinaladas na questão 5



Fonte: o próprio autor.

Durante a aula prática, os alunos questionaram a possibilidade de levar os eletrodos construídos para casa com a intenção de realizar a prática a fim de mostrá-la aos pais. Nesse momento, o professor pesquisador questionou como seria feita a eletrólise sem a presença do sulfato de sódio, pois esse não é um sal comum de ser encontrado. Então os alunos responderam que fariam com uma solução aquosa de cloreto de sódio, o sal de cozinha. O professor então negou o pedido e explicou que os produtos desta eletrólise são tóxicos. Assim a explicação foi seguida de uma indagação dos alunos a fim de saber quais os produtos tóxicos do processo. O professor promoveu no fim da aula uma discussão e logo após interveio no quadro, com a ajuda dos alunos, montando assim a eletrólise da solução aquosa do cloreto de sódio. Para a surpresa dos alunos, a questão problema da aula prática foi recursiva e constava no pós-teste. Assim, percebeu-se que a turma alcançou autonomia na habilidade, resolvendo a questão de forma correta, em sua maioria, 73,3%.

Os demais alunos que não conseguiram acertar a questão apresentaram dificuldade em executar o raciocínio da eletrólise, uma vez que, para originar os produtos das demais respostas, as equações das semirreações de redução e oxidação que ocorrem nos eletrodos deveriam ter sido equacionadas de forma errada. Assim, subentende-se que esses alunos não conseguiram consolidar igualmente o conhecimento do tema trabalhado, pelo menos em relação aos produtos obtidos na eletrólise em solução aquosa.

5.4 A conscientização ambiental: resíduo eletroeletrônico

Paralelamente a sequência didática teve como um dos objetivos apresentar aos alunos os riscos envolvidos no descarte indevido de resíduos eletroeletrônicos e como seria considerado o descarte adequado desse tipo de lixo. Usando o tema como marco inicial da sequência, observou-se que mesmo de maneira apenas introdutória, sem discussões a respeito de todo o conteúdo da Química Ambiental, os alunos puderam entrar em contato com os principais componentes do lixo eletroeletrônico e seus respectivos riscos. As discussões sobre o texto de apoio apresentado no roteiro, levantando reflexões a respeito do volume de lixo produzido em função do avanço tecnológico e da substituição de aparelhos defeituosos ou obsoletos, permitiu que os alunos debatessem entre si e com o professor, questões como o consumismo exagerado impulsionado pelo capitalismo, a falta de conscientização da sociedade como mantenedora do meio ambiente, o papel da escola e do indivíduo na disseminação de boas condutas a respeito do resíduo eletroeletrônico, a responsabilidade do governo e dos fabricantes sobre o destino dos resíduos e as formas de reciclar esse tipo de lixo.

Durante o período de coleta do material, percebeu-se uma organização dos alunos de forma a conscientizar toda a comunidade escolar. Os estudantes pediram espaço à coordenação para que lhes fosse cedido 5 minutos em cada sala da escola para falar sobre o lixo eletroeletrônico e pedir para que os alunos trouxessem pilhas, carregadores e mais componentes desse tipo de lixo. A fala dos alunos com outros professores mostra como eles se sentiram sensibilizados pelo volume de lixo produzido e a falta de uma forma correta de coleta desses materiais poderia influenciar no meio ambiente e nas suas vidas no futuro.

Ao longo do período de coleta, um grupo de alunos entrou em debate com o professor de Geografia quando o mesmo brincou em sala sobre a troca do seu aparelho celular por um modelo mais moderno. Nesse momento, o professor pesquisador conduziu as discussões e corroborou todas as informações dos alunos chamando atenção para a teoria da obsolescência programada.

Esses eventos citados mostram como o simples uso do tema para introduzir um assunto gerou uma onda de preocupação com o meio ambiente e tornou os alunos conscientes a respeito da situação.

Ressalta-se que o papel da escola é de formar cidadãos conscientes e críticos à realidade na qual estão inseridos. Além disso, eles devem ser semeadores de ideias, compartilhando o conhecimento que eles adquiriram na sua vida escolar.

6. CONCLUSÕES

O ensino de Química no Brasil precisa ser reformulado, para se recriar como componente escolar e acompanhar os rumos que esta disciplina tem seguido na educação dos países desenvolvidos. A reformulação dos padrões de ensino e aprendizagem tem de ser prioridade no planejamento de aulas e capacitações 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 de aulas proposta nesse trabalho vem oportunizar a aula expositiva um lugar na aprendizagem antes não ocupado: O momento elucidatório. Aplicar a aula expositiva após a construção e a aplicação do kit experimental permitiu aos alunos responderem as suas perguntas previamente elaboradas, de forma protagonista.

Ao definir eletrólise no quadro, os alunos imediatamente associaram o experimento à definição com falas avulsas do tipo: *"Ah professor, então tudo isso que nós fizemos foi para chegar a fazer uma eletrólise não? Por que isso que nós fizemos foi uma eletrólise não foi?"* – Aluno M.T.; *"Professor, esse negócio que produziu o gás foi por causa da eletrólise não é?"* – Aluno I.M.

É notório que os alunos 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 desenvolve o raciocínio e se desenvolve a zona de aprendizagem individual.

Ao avaliarmos as etapas do trabalho percebemos 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 alunos além de permitir que os mesmos elaborassem soluções para os problemas identificados ao longo do processo, como a solução para o contato elétrico da barra de grafite. Assim pode-se perceber que os alunos se tornaram habilitados na construção dos kits experimentais bem como proposto pelo trabalho.

No que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades específicas relacionadas à matriz do Exame Nacional do Ensino Médio, podemos notar uma autonomia dos alunos em relação as habilidades com o resultado atingido, considerando que a média de acertos do grupo de estudantes participante da pesquisa está muito acima do atingido pelos estudantes no que prestaram o Exame Nacional no respectivo ano em que cada questão foi aplicada.

Infelizmente o estudo não pode explorar de forma significativa o ensino por investigação. Apesar dos experimentos serem de caráter protagonista e argumentativo, a abordagem investigativa ficou eclipsada pelo caminho pré-estabelecido pelo roteiro. A partir dessa observação surge uma perspectiva futura de desenvolvimento de uma sequencia que obedeça de forma adequada a abordagem investiga. O mesmo kit de experimentação também abre caminhos para a criação de sequencias que abordem outros assuntos da Química como condutividade elétrica de soluções, comparação da força ácida e solubilidade de sais.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick *et al*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.), **Ensino de Ciências**: Unindo a Pesquisa e a Prática, São Paulo: Thomson Learning, 2004.

BERNATH, U.; VIDAL, M. The theories and the theorists: why theory is important for research, with Boerje Holmberg, Michael Graham Moore, Otto Peters. **Distances et Savoirs**, v. 5, n. 3, p. 427-458, 2007.

BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2009.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; Aprendendo a planejar investigações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Minas Gerais: SBF, 2004.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 5.692,** de 11 de agosto de 1971. Fixa diretrizes para o 1º e 1º Graus, e dá outras providências. Brasília: Distrito Federal, 1971.

BRASIL**.** Presidência da República. Casa Civil. **Lei n. 9.394,** de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**.** Brasília, Distrito Federal, 1996. Disponível em: < www.planalto.gov.br >. Acesso em: 07 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: MEC, 1999a.

BRASIL. 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, 1999b.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Censo Escolar 2017**: Notas Estatísticas. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2018. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_Censo_Escolar_2017.pdf> Acesso em: 09 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Matriz de Referência ENEM.** Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, s. d. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf> Acesso em: 12 fev. 2019.

BROWN, J. S.; COLLINS, A; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. **Educational Researcher**, v. 18, n. 1, p. 32-42, 1989.

CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Science Education**, v. 86, n. 2, p. 175-218, 2002.

CAÑAL, P.; LLEDÓ, A. I.; POZUELOS, F. J.; TRAVÉ, G.. **Investigar en la escuela**: elementos para una enseñanza alternativa. Sevilha: Díada Editora, 1997.

CARVALHO, Anna de (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage, 2014.

CARVALHO, M. E. A; FRANCO, M. R.; ZANATTA, S.; OLIVEIRA, R. A.; PIPITONE, M. A. P. O Rio e a Escola: uma experiência de extensão universitária e de educação ambiental. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 112-119, 2017.

CASTILHO, D. L.; SILVEIRA, K. P.; MACHADO, A. H. As aulas de Química como espaço de investigação e reflexão. **Química Nova na Escola**, v. 9, p. 14-17, 1999.
.
CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS**:** reflexões para o ensino de ciências. In: **II Simpósio Nacional de Ensino e Tecnologia**, v. 2, p. 1-16, 2010.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objetivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 46, n. 5, p. 1-8, 2008.

DRIVER, R; A, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Revista Química Nova na Escola**, v. 9, n. 5, p. 31-40. 1999.

FERREIRA, L. H. **Abordagem investigativa no ensino de química é tema de pesquisa na UFSCar.** 2016. (4m51s) Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rraDmo84ToU> Acesso em: 23 out. 2018.

FLORESTI, F. Quase todo lixo do Brasil é descartado de maneira errada. **Revista Galileu** (edição web). 2018. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/quase-todo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneira-errada.html> Acesso em: 12 jul. 2018.

FRAGAL, V. H.; MAEDA, S. M.; PALMA, E. P.; BUZATTO, M. B. P.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, E. L. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a atividade dos metais. **Química Nova na Escola**, v. 3, n. 4, p. 216-222, 2011

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GIL PEREZ, D.: VALDÉS CASTRO, P. La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.14, n. 2, p.155-163, 1996.

GOTTARDI, M. L. A autonomia na aprendizagem em educação a distância: competência a ser desenvolvida pelo aluno. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 14, 2015.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, p. 2009.

GUIMARÃES, C. C.; DORN, R. C. Efeito estufa usando material alternativo. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 152-157, 2015.

IVIC, I. Lev **Semionovich Vygotsky**. Ivan Ivic: Edgar Pereira Coelho (Org). Trad. José Eustáquio Romão. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LEAL, A. L.; MARQUES C. A. O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente**. Química Nova na Escola**, n. 29, p. 30-33, 2008.

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 140, p. 71-79, 2013.

MACEDO, E.; LOPES, A. R. C. A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências. In: LOPES, A. C.; MACEDO, E. (Org.). **Disciplinas e integração curricular**: história e políticas. Rio de Janeiro: DP&A, 2002. p. 73-94.

MATA, C. M. S.; MOURA, A. L.; NASCIMENTO, J. M.; SOUZA, S. R. A estruturação de conceitos eletroquímicos através de atividade experimental e da aprendizagem colaborativa. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX – UFRPE, 2013, Recife. **Anais...** Recife: JEPEX, 2013 Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0524-3.pdf> Acesso em: 09 out. 2018.

MONROE, C. Vygotsky e o conceito de aprendizagem mediada. **Nova Escola** (edição web), São Paulo, 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/274/vygotsky-e-o-conceito-de-aprendizagem-mediada> Acesso em: 10 fev. 2019.

MONTEIRO, M. G. **Desenvolvimento de materiais instrucionais voltados ao ensino de eletroquímica.** Monografia (Graduação em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 2018

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagens** EPU: São Paulo, 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Caderno de Pesquisas**, n. 96, p. 5-14, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M**.** O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, v. 10, n. 39, p. 225-249, 2010.

OLIVEIRA, R. S.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. O lixo eletroeletrônico: uma abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 4 p. 240-248, 2010.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: Aprendizado e desenvolvimento – Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2011.

PIAGET, J. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

POPPOLINO, G. C. **Utilizando a abordagem histórica com experimentação para trabalhar conceitos de química no Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, p. 124. 2013.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** São Paulo: Brasiliense, 1998.

RUBINGER, M. M. M.; BRAATHEN, P. C. **Ação e reação**: ideias para aulas especiais de Química. Belo Horizonte: RHJ, 2012.

SILVA, R. P..; FREITAS, K. C. S. Investigando conceitos de eletroquímica com estudantes do Ensino Médio. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX – UFRPE, 2013, Recife. **Anais...** Recife: JEPEX, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0064-1.pdf> Acesso em: 09 jul. 2018

SILVA, L. A.; SILVA, F. C. V. A contextualização do conteúdo de eletroquímica: um olhar para o livro didático e para concepções de professores de química. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENEQ, 2016.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de Química e Ciências.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) – Faculdade de ciências, Universidade Estadual Paulista, UNESP Bauru. Bauru, p. 42. 2016.

SILVA, S. L. A.; FERREIRA, G. A. L.; SILVA, R. R. À procura da vitamina C. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 31-32, 1995.

SINDER, M. O pensamento de Vygotsky e Bakhtin no Brasil. **Educação & Sociedade**, v. 20, n. 69, p. 212-214, 1999.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química.** São Paulo: Centro de Educação Tecnológica Paula Souza, 2013.

MUTIRÃO DO LIXO ELETRÔNICO. Secretaria do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. 2008. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/mutiraodolixoeletronico/perigos.htm

VERGA FILHO, A. F. **Segurança em laboratório químico**. Conselho Regional de Química - IV Região. São Paulo, 2008.

VIGOTSKY, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: LURIA, A. R.; LEONTIEV, A.; VYGOTSKY, L. S. (Orgs.). **Psicologia e Pedagogia**: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento. São Paulo, Moraes, 1991a

VYGOTSKY. L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991b.

WAGNER, T. P. Shared responsibility for managing electronic waste: A case study of Maine, USA. **Waste Management**, v. 29, n. 12, p. 3014-3021, 2009.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICE A - Pré-teste

	QUESTIONÁRIO - O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico	

Prezado (a) estudante,

O presente questionário tem como objetivo relacionar o conteúdo de Eletroquímica de forma contextualizada, de modo a verificar os conhecimentos prévios dos alunos. Solicita-se que responda as questões propostas com o máximo de atenção possível, de modo que as suas respostas possam ajudar a avaliar se o experimento contribui para um melhor entendimento dos conceitos de Química.

Por fim, agradeço a sua disponibilidade em responder ao questionário.

Gabriel Henrique Sperandio – Mestrando em Química

QUESTÃO 01: O que significa a palavra eletrólise?

_____

_____

_____

_____

_____

Use o texto a seguir para responder as próximas questões

Em uma visita a uma estação de tratamento de esgoto um aluno presta atenção na fala de um dos técnicos do lugar:

“ Como vocês podem notar, nos rios e lagos contaminados por esgoto sem tratamento, vemos peixes e outros organismos aquáticos morrendo afogados na água (risos dos alunos). É verdade – diz o técnico. Eles morrem por falta de oxigênio na água”.

Ao ouvir aquilo um dos alunos se pega em pensamento refletindo sobre aquela informação: “como pode os peixes morrerem se eu estou vendo água no rio e no lago e sei que há oxigênio na água?”

QUESTÃO 02: Escreva a fórmula das substâncias mencionadas no texto.

_____

_____

_____

_____

_____

QUESTÃO 03: Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

_____

_____

_____

_____

_____

QUESTÃO 04: Você acredita que seria possível transformar a água em gás oxigênio utilizando a eletricidade? Se sim, como?

_____

_____

_____

_____

_____

QUESTÃO 05: Se a água possui também hidrogênio em sua composição, seria possível usar água para obter hidrogênio? Se sim, como?

_____

_____

_____

_____

_____

QUESTÃO 06: Você acredita que o gás hidrogênio poderia ser usado como combustível? Já ouviu alguma aplicação desse tipo?

_____

_____

APÊNDICE B - Pós-teste

	O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico	

Prezado (a) estudante,

A presente problematização tem como objetivo avaliar a eficácia do uso da sequencia didática, de modo a verificar os conhecimentos construídos ao longo das aulas. Solicita-se que responda as questões propostas com o máximo de atenção possível, de modo que as suas respostas possam ajudar a avaliar se o experimento contribui para um melhor entendimento dos conceitos de Química.

Por fim, agradeço a sua disponibilidade em responder ao questionário.

Gabriel Henrique Sperandio – Mestrado em Química

1 - (ENEM 2012) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semir-reações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semi-reação	Potencial padrão de redução (V)
$Li^{+} + e^{-} \rightarrow Li$	- 3,05
$K^{+} + e^{-} \rightarrow K$	- 2,93
$Mg^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Mg$	- 2,36
$Al^{+3} + 3e^{-} \rightarrow Al$	- 1,66
$Zn^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Zn$	- 0,76
$Cu^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cu$	+ 0,36

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

a) Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
b) Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
c) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.

d) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
e) Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

2 - (ENEM 2013) Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e, no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água.

SACKS, O. Tio Tungstênio: memórias de uma infância Química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

a) obtenção de ouro a partir de pepitas.
b) obtenção de calcário a partir de rochas.
c) obtenção de alumínio a partir da bauxita.
d) obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
e) obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

3 – (ENEM-2010) A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de aproximadamente 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas aplicações, sua recuperação torna-se viável economicamente. Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre (II) (CuSO4) durante 3h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10A. A massa de cobre puro recuperada é de aproximadamente.

Dados: Constante de Faraday F = 96500C/mol; Massa molar em g/mol: Cu = 63,5

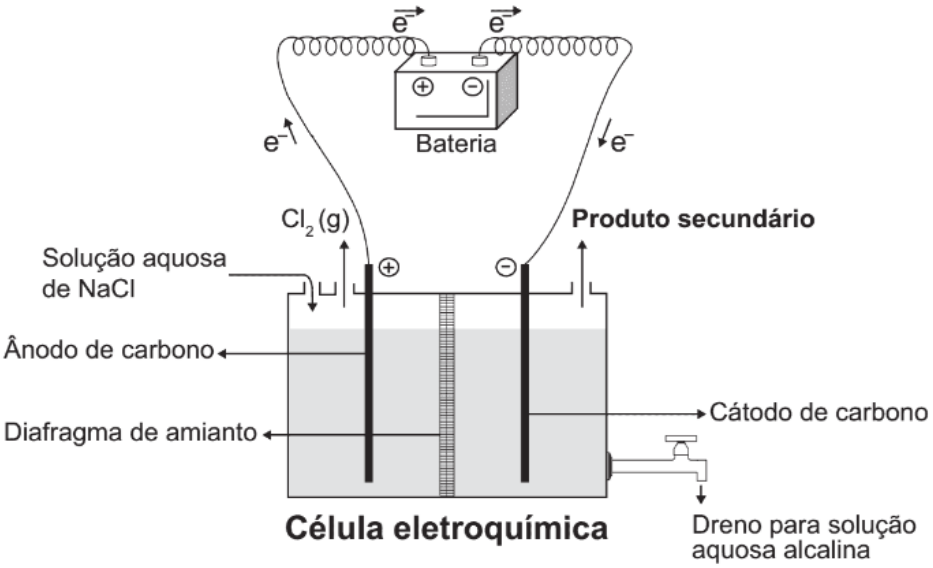
a) 0,02g
b) 0,04g
c) 2,40g
d) 35,5g
e) 71,0g

4 – (ENEM- 2013) “O alumínio é um elemento químico de símbolo Al de número atômico 13 (13 prótons e 13 elétrons) com massa atómica 27 u. Na temperatura ambiente é sólido, sendo o elemento metálico mais abundante da crosta terrestre. Sua leveza, condutividade elétrica, resistência à corrosão e baixo ponto de fusão lhe conferem uma multiplicidade de aplicações, especialmente nas soluções de engenharia aeronáutica. Entretanto, mesmo com o baixo custo para a sua reciclagem, o que aumenta sua vida útil e a estabilidade do seu valor, a elevada quantidade de energia necessária para a sua obtenção reduzem sobremaneira o seu campo de aplicação, além das implicações ecológicas negativas no rejeito dos subprodutos do processo de reciclagem, ou mesmo de produção do alumínio primário.” O alumínio é obtido industrialmente pela eletrólise ígnea da alumina (Al_2O_3). Indique a alternativa falsa:

a) O íon alumínio sofre redução.
b) O gás oxigênio é liberado no ânodo.
c) O alumínio é produzido no cátodo.

d) O metal alumínio é agente oxidante.
e) O íon O^{2-} sofre oxidação.

5 – (ENEM 2017) A eletrólise é um processo não espontâneo de grande importância para a indústria Química. Uma de suas aplicações é a obtenção do gás cloro e do hidróxido de sódio, a partir de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Nesse procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.



SHREVE, R. N.; BRINK Jr., J. A. **Indústrias de processos químicos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997 (adaptado).

No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o
a) Vapor de água
b) Oxigênio molecular
c) Hipoclorito de sódio
d) Hidrogênio molecular
e) Cloreto de hidrogênio

APÊNDICE C - Roteiro

	O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico	

Prezado (a) estudante,

O presente roteiro tem como objetivo apresentar uma maneira diversificada de construir os conceitos a respeito da eletroquímica e da eletrólise mais especificamente.

Agradeço a sua disponibilidade em participar do processo de pesquisa a respeito do uso de materiais alternativos no ensino de Química.

Gabriel Henrique Sperandio – Mestrando em Química

Leitura de texto: Lixo Eletrônico

Em maio de 2018, a revista Galileu (FLORESTI, 2018) trouxe uma matéria sobre o lixo eletroeletrônico produzido no Brasil e seu tratamento. Pelo que se pode ver na matéria, a situação é complicada. Leia o texto abaixo sobre o assunto.

Quase todo lixo eletrônico do Brasil é descartado de maneira errada

Cada um de nós produz, em média, 8,3 quilogramas de e-lixo por ano; só 3% segue para centros de reciclagem

Figura 1 - Documol / Creative Commons
Fonte: Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/ciencia/meio-ambiente/noticia/2018/05/quase-todo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneira-errada.html>

> Dezoito meses é o tempo médio de vida de um novo smartphone. Conforme um novo aparelho chega às lojas, outros tantos são aposentados e, assim, o que era um artigo quase fundamental, vira um problema. O mesmo acontece com computadores, televisões, videogames e câmeras fotográficas: no final, sobram 44,7 milhões de toneladas de lixo eletrônico todo ano, o equivalente a 4,5 mil torres Eiffel. A estimativa é que, em média, sejam descartados 6,7 quilos de lixo eletrônico para cada habitante do nosso planeta. No Brasil, o problema não é menor. Sétimo maior produtor do mundo, com 1,5 mil toneladas por ano, estima-se que em 2018 cada um de nós jogará fora pelo menos 8,3 quilos de eletrônicos. Apesar de um estudo com números de 2016 ter demonstrado que o reaproveitamento do material descartado naquele ano poderia render R$ 240 bilhões de reais em todo planeta, apenas 20% do lixo eletrônico do planeta é reciclado. Por aqui, somente 3% são coletados da forma adequada.
> Fonte: Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/quase-todo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneira-errada.html>

O lixo eletroeletrônico é um problema ambiental e de saúde, na composição dos diversos materiais que constituem esse tipo de lixo se encontram diversos metais pesados como chumbo, cádmio, níquel, estanho, cromo entre outros, além de substâncias Químicas que são nocivas aos seres vivos. O grande problema é que todo esse lixo poderia ser reciclado

e ainda geraria renda que poderia ser usada para melhorar a condição de vida de diversas pessoas.

Pode-se usar o lixo eletroeletrônico para diversos fins, inclusive produzir combustível, e não só um combustível qualquer, mas um que seja ótimo para o meio ambiente: o gás hidrogênio.

Figura 2 – Utilização do gás hidrogênio
Fonte: Disponível em:< http://www.profpc.com.br/Hidrog%C3%AAniob.htm>

O gás hidrogênio ao ser queimado libera grande quantidade de energia e seu produto é a água, que não causa dano algum ao meio ambiente. Observe a equação da sua reação de combustão:

$$\mathbf{2\ H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ H_2O_{(l)} + 572\ \ kJ\ (286\ kJ/mol)}$$

Para cada mol de gás hidrogênio que entra em combustão na presença de O_2 são produzidos 286 kJ de energia. Ele é um combustível com baixo peso, alto poder de compactação e limpo para o meio ambiente. A NASA já percebeu que o gás hidrogênio é um excelente combustível e o usa em suas viagens espaciais para a propulsão de foguetes. Este é o combustível do futuro, o que estamos esperando? Vamos produzi-lo!
A pergunta é:

Como utilizar o lixo eletroeletrônico para produzir gás hidrogênio?

Existe um método chamado eletrólise. Neste método, uma corrente elétrica é usada para promover reações de oxidação e de redução. Por exemplo, podemos fazer com que os íons H^+ de uma solução sofram redução e se tornem H_2, de acordo com a equação da reação:

$$\mathbf{2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}}$$

Esses elétrons que são recebidos pelos íons H^+ são provenientes de uma corrente elétrica. Logo, podemos conduzir a corrente até a solução que possui esse íon e produzir o gás hidrogênio. Para isso devemos construir um condutor de eletricidade. Este condutor é chamado de eletrodo. Conhecendo a composição das pilhas que são descartadas sabemos que em seu interior há um bastão de grafite que pode ser usado como eletrodo. Este bastão conectado a um fio proveniente de uma fonte de celular descartada pode servir como eletrodo para eletrólise. Então mãos a obra.

PARTE 1 – CONSTRUÇÃO DOS ELETRODOS PARA ELETRÓLISE

Objetivo

Construir uma célula eletrolítica com materiais encontrados no lixo eletroeletrônico.

Materiais

Pilhas descarregadas
Fonte de celular descartada
Tubo de caneta
Fios de cobre encapado de circuitos eletrônico
Solda eletrônica

Procedimento

1º passo – Com o auxílio de uma serrinha de dente e um alicate, vamos abrir a pilha e extrair o bastão de grafite conforme mostra a figura 1.

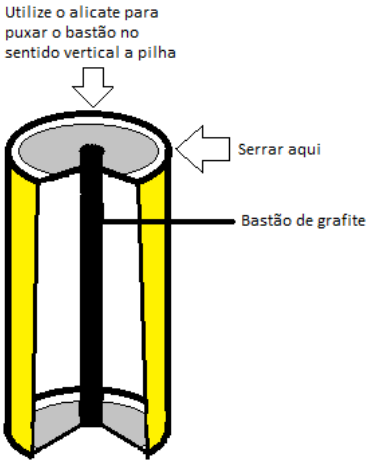


Figura 1 – Retirada do bastão de grafite
Fonte: o próprio autor .

Em seguida, limpar o bastão e com o auxílio de uma broca manual faça um furo na parte superior do bastão conforme mostra a figura 2.

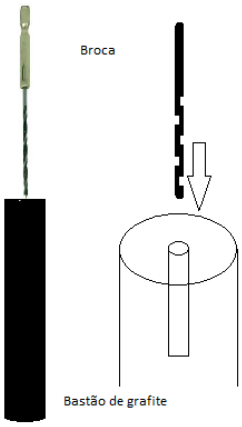


Figura 2 – Furo na parte superior
Fonte: o próprio autor.

2º Passo – Com o auxílio do professor, introduza um pino extraído de uma entrada VGA no bastão e o solde em um fio metálico encapado obtido de pequenos circuitos conforme a mostra a figura 3.

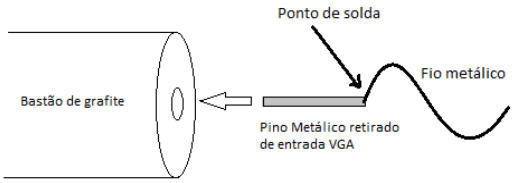


Figura 3 – Introdução do pino metálico

Fonte: o próprio autor.

3º Passo – Introduzir o artefato em um tubo de caneta incolor cuja boca inferior foi ajustada para o tamanho do bastão de grafite conforme mostra a figura 4.

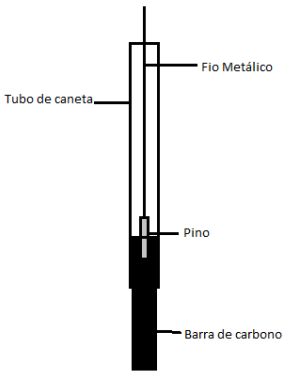


Figura 4 – Introdução do artefato em um tubo de caneta
Fonte: o próprio autor.

4º Passo – Soldar a extremidade do fio em um plug de contato e o coloque na parte superior do tubo de caneta como mostra a figura 5.

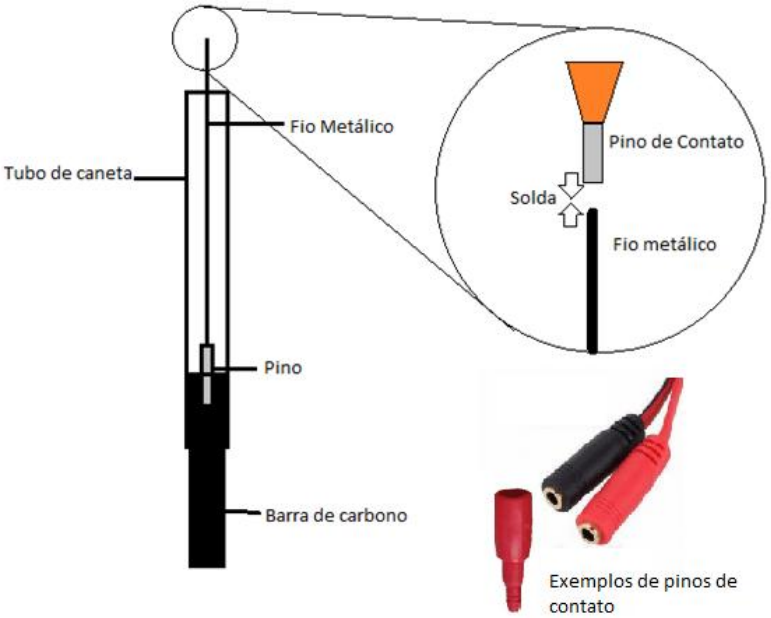


Figura 5 – Solda no plug metálico
Fonte: Disponível em: <https://www.oderco.com.br/ferramentas/ponta-de-prova.html>

5º Passo – No cabo da fonte de celular, corte-o e separe-o nos dois fios metálicos que o compõe. Solde cada um dos fios em um plug para conectá-lo na extremidade do tubo da caneta conforme mostra a figura 6.

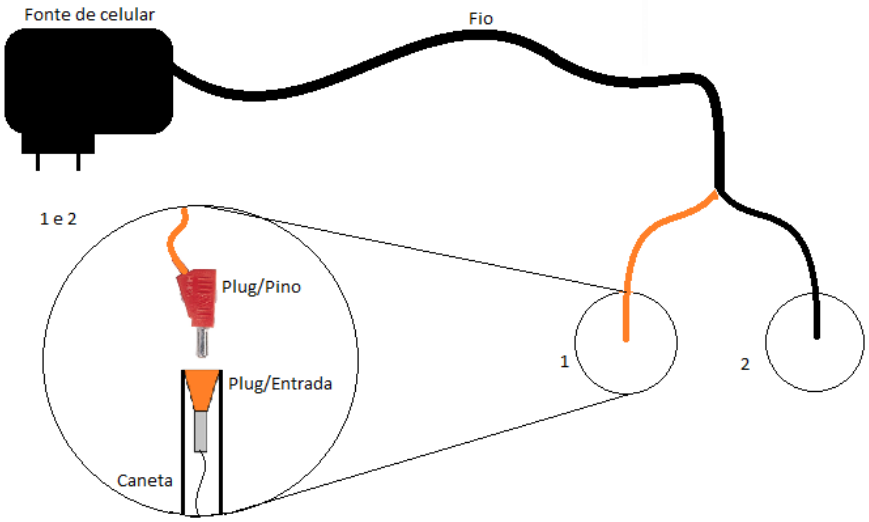


Figura 6 – Montagem do eletrodo para o uso.
Fonte: o próprio autor.

Seu eletrodo para produção de hidrogênio está pronto! Agora vamos testá-lo.

PARTE 2 – ELETRÓLISE DA ÁGUA

Objetivo

Usar os eletrodos construídos para promover a eletrólise da água e produzir gás hidrogênio

Materiais

Eletrodos de carbono

Fonte de celular descartada

Sulfato de sódio (0,5M)

Tubo em U obtido de lâmpadas descartadas

Azul de bromotimol (0,1M)

Procedimento

Antes de começar a eletrólise, vamos construir o tubo em U. Pegue uma lâmpada fluorescente queimada e corte cada tubo em U dela separando-o da estrutura da lâmpada (Figura 7)

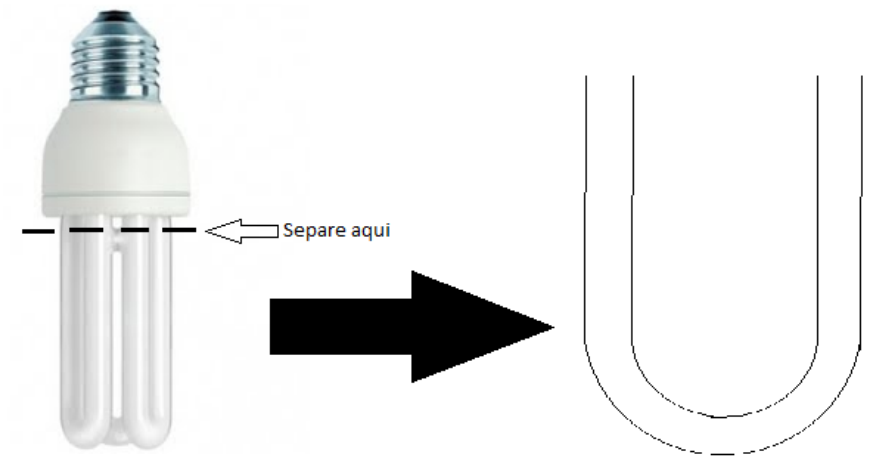


Figura 7 – Obtenção do tubo em U
Fonte: Disponível em: <https://sites.google.com/site/jovemecientista/por-que-as-lampadas-fluorescentes-sao-mais-economicas>

Se julgar necessário, leve o tubo ao fogo, de preferência em uma chama de um bico de Bunsen, para abrir a curva do U. Com o auxílio de uma lixa, apare as bordas do vidro a fim de evitar regiões cortantes que possam provocar acidentes, faça essa operação sob a supervisão do professor.

Após a confecção do tubo, vamos para o experimento.

Em um balão volumétrico de 200 mL, prepare uma solução 0,5 mol/L de $Na_2SO_{4(aq)}$. Para isso, pese em um béquer 14,000g de sulfato de sódio, adicione 30 mL de água destilada, dissolvendo o sal, e transfira para o balão com o auxílio de um bastão de virdo. Lave novamente o béquer com 30 mL de água destilada, transferindo o líquido para o balão. Repita a operação mais uma vez e após transferir a solução para o balão, complete o volume com agua destilada até o volume de 200 mL. Coloque a tampa no balão e agite para homogeneizar. Em seguida, transfira a solução para o tubo em U até que metade de sua altura esteja preenchida.

Em seguida adicione 2 gotas de azul de bromotimol de cada lado do tubo em U. Encaixe os eletrodos como a figura 8 indica.

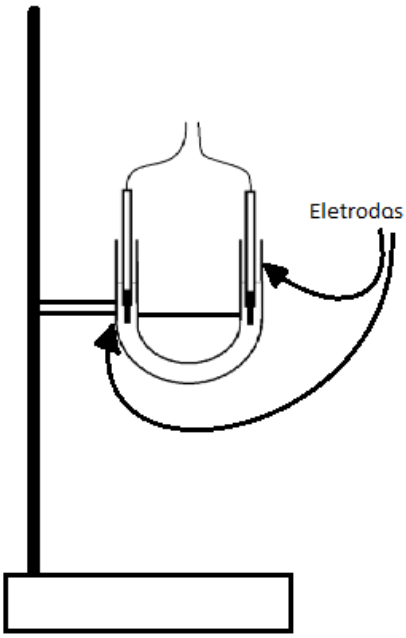


Figura 8 – Experimento
Fonte: o próprio autor.

Ligue a fonte na tomada, observe atentamente os fenômenos ocorridos e em seguida responda as questões propostas.

PARTE 3: VAMOS REFLETIR:

1 - O que se observa em cada eletrodo?

⊕ _____ ⊖ _____

2 – Equacione as semirreações que estão ocorrendo na célula eletrolítica? Escreva a equação global do processo.

⊕ _____ ⊖ _____

3 – O que se está produzindo em cada eletrodo? Como podemos identificar os produtos de cada semirreação?

---

4 – Por que não se realizou a eletrólise apenas com água, mas sim com uma solução de sulfato de sódio aquoso?

---

5 – Como o resíduo eletrônico possibilitou a obtenção do gás hidrogênio?

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Sequência didática – Lixo eletrônico e produção de gás Hidrogênio

Conteúdo:

Química ambiental e eletroquímica

Objetivos:

- Conscientizar sobre o descarte inadequado do lixo eletroeletrônico

- Construir um equipamento capaz de realizar a eletrólise em solução aquosa reciclando o resíduo eletroeletrônico

- Elucidar os processos de eletrólise a partir da realização de experimentos da eletrólise da água

Tema:

A Química Ambiental e a eletroquímica permitem uma contextualização que transcende a sala de aula, deixando o professor livre para trabalhar situações que são discutidas no dia a dia do aluno. O descarte de resíduo eletroeletrônico é um assunto recorrente em jornais impressos e revistas uma vez que o consumo de produtos eletrônicos tem atingido níveis astronômicos. No Brasil, por exemplo, temos um numero maior de celulares, 306 milhões, do que habitantes, e esses aparelhos tem uma vida útil de 2 anos em média. Logo, a cada dois anos tem-se um volume de resíduo proveniente da troca de celulares. Como o país ainda não trata esse resíduo de forma devida, devemos conscientizar os alunos sobre tal situação. Grande parte desse resíduo é constituído de metais que podem ser reutilizados no ensino de eletroquímica, e além desses constituintes, outros como bastão de carbono que podem ser usados em processos eletrolíticos. Logo, podemos reciclar uma parte desse lixo nas aulas de Química para construir pilhas e células eletrolíticas.

Público alvo:

2º e 3º Ano do Ensino Médio

Tempo estimado:

8 Aulas

Duração:

Embora a sequencia tenha seis etapas, foram estipuladas sete aulas. Essa escolha foi feita para que uma aula inicial seja usada para aplicar o pré-teste, que faz o levantamento inicial a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, e a última aula foi aplicado para um pós-teste, visando quantificar o aprendizado construído ao longo do processo.

Desenvolvimento:

1ª Etapa – Campanha de coleta de resíduo eletroeletrônico

Todo processo se iniciara com uma campanha de coleta de resíduo eletroeletrônico na escola. Esta campanha pode ocorrer apenas na série em que a sequência didática será aplicada. Esta fase inicial tem como objetivo levantar provocações sobre o destino dado a este tipo de resíduo bem como conscientizar a respeito do tratamento e coleta desse resíduo.

Promova a campanha durante os 30 dias que antecipam o conteúdo de eletrólise, para que o resíduo coletado durante a campanha sirva de material para as aulas sobre o tópico. Durante o período da campanha de coleta, traga textos e informações sobre o resíduo eletroeletrônico para motivar os alunos a respeito do tema. Também é aconselhável a indicação de documentários para que o aluno assista em casa ou na própria escola.

- Documentário: Seremos história?

2ª Etapa – Aplicação do pré-teste

Esta etapa consiste na aplicação de um pré-teste composto por 6 questões discursivas. Organize os alunos em filas e de forma individual para que o pré-teste seja aplicado em regime de avaliação. As questões desse teste tem caráter diagnostico e servem para que o professor consiga mensurar os conceitos já trazidos pelos seus alunos para as aulas de eletrólise. O pré-teste tem duração de uma aula de 50 minutos e deve ser aplicado necessariamente antes de se dar inicio as aulas de eletrólise. A partir da análise dos resultados desse teste, deve-se planejar intervenções que nivelem os conhecimentos dos alunos a respeito dos conceitos abordados no exame para que se introduza a eletrólise.

3ª Etapa – Construção do Kit Experimental de eletrólise

Antes de começar a atividade certifique-se que todas as medidas de segurança em trabalhos de laboratório sejam tomadas. Sugere-se que todos os alunos estejam usando jaleco, luvas, óculos de proteção, calçados fechados e cabelos amarrados.

Para esta etapa sugere-se que sejam reservadas de 2 a 3 aulas. Comece separando os alunos em 6 grupos de 6 ou 7 componentes. A partir do resíduo eletroeletrônico coletado na primeira etapa, distribua para grupo pilhas usadas, carregadores de celular usados, lâmpadas fluorescentes e tubos de canetas esferográficas transparentes. Solicite que os alunos tragam alicate de ponta fina para esta aula. Dê a cada aluno um roteiro para execução da atividade. Sugere-se que o roteiro seja lido inicialmente em voz alta com todos alunos acompanhando a leitura. Após a leitura, o professor deve indagar os alunos a respeito do tema do texto de apoio, conversando com os estudantes a respeito do uso do resíduo para produzir o equipamento de eletrólise para o uso na eletrólise. O professor nesse momento deve deixar que os alunos façam as atividades de forma protagonista, apenas acompanhando os alunos e auxiliando quando necessitado. Neste ponto entra o tema estimulador: Como utilizar o lixo eletrônico para produzir gás hidrogênio?

Essa primeira atividade serve como uma sondagem inicial. Ela é interessante uma vez que põe os estudantes em contato com uma situação real em que precisam colocar em jogo seus saberes. Ao deixar claro na pergunta "Como utilizar o lixo eletrônico para produzir gás hidrogênio?", consegue-se garantir que o kit construído seja utilizado.

4ª Etapa – Aula experimental de eletrólise

Para essa etapa reserve uma aula de 50 minutos. Para otimizar o tempo de execução da prática deixe o laboratório ou sala previamente organizado para receber os alunos. Cada grupo deve conter os materiais necessários para realizar a atividade. Nesse ponto o professor acompanha o andamento apenas dando suporte aos alunos com relação a montagem da atividade experimental e sua realização. Deixe que os alunos realizem e observem a eletrolise de forma autônoma, sem induzir respostas ou sugerir resultados. Nos 15 minutos finais provoque os alunos a respeito dos resultados que eles já observaram com perguntas a respeito dos gases produzidos, a diferença de cor entre os lados da solução, a necessidade de usar o sulfato de sódio e tópicos que se relacionem com o experimento. Essas provocações servem de base para a próxima aula onde todas as ideias devem ser amarradas.

5ª Etapa – Aula expositiva dialogada

Esta etapa não deve ter caráter de uma aula convencional de exposição de conteúdo. Sugere-se que duas aulas de 50 minutos sejam reservadas para essa etapa. Utilize a provocação e a argumentação dos alunos para criar conceitos para:

- eletrólise

- tipos de eletrólise

- série de descarga

- aplicações da eletrólise

- Lei de Faraday

Utilize os resultados experimentais para exemplificar a aula e aproveite a aula para encontrar respostas junto com os alunos para todas as questões levantadas na aula experimental. Evite dar conceitos prontos aos estudantes, construindo-os a partir da fala dos mesmos.

6ª Etapa

Nessa etapa deve-se avaliar os conceitos e habilidades desenvolvidas ao longo das aulas. Para isso reserve 50 minutos para aplicação do pós-teste. Este deve–ser aplicado em regime de avaliação, sendo realizado de forma individual por cada aluno. O pós-teste é constituído de 5 questões retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Estas questões servem de base para avaliação de habilidades que são contempladas no ENEM. A partir dos resultados avalie a necessidade de uma intervenção no processo de aprendizagem.

ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido

O(A) participante _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa "O ENSINO DE ELETROQUÍMICA: UMA PROPOSTA POR EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA UTILIZANDO O RESÍDUO ELETROELETRONICO" desenvolvida pelo professor GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO, mestrando do PROFQUI – Programa de Mestrado Profissional em Química, sob orientação da professora Drª Odilaine Damasceno. Nesta pesquisa pretendemos:

• oferecer um método de ensino baseado na investigação experimental do conteúdo que se pretende aprender;
• construir kits experimentais, pelo próprio estudante, a partir de materiais recicláveis e de baixo custo que possam ser usados nas aulas.

O motivo que nos leva a estudar o ensino de eletroquímica por experimentação é a necessidade de transformar o ensino de Química algo atraente e interessante uma vez que os alunos tem demonstrado falta de interesse, dificuldade e desmotivação pela aprendizagem, além do baixo desempenho no conteúdo. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos:

• a coleta de dados através de um questionário, durante 40 minutos, a fim de que possamos verificar o conhecimento prévio do aluno a respeito do tema das aulas;
• construção de kits para serem usados nas aulas experimentais de eletroquímica.
• aplicação do kit construído em aula experimental;
• aplicação de um 2º questionário, a fim de verificar a eficácia do método de ensino proposto.

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem no manuseio das pilhas que serão usadas para o preparo dos kits. Como são materiais derivados de lixo eletrônico, poderá haver contato direto com substancias Químicas como metais, soluções aquosas e plásticos. Esses materiais são contaminantes e tóxicos, além de ser bioacumulativos. Os metais pesados em contato com organismo interagem com enzimas e proteínas impedindo que essas espécies efetuem seu trabalho no metabolismo o que pode causar danos a saúde, por essa razão o material será tratado com extremo cuidado.

Para evitar riscos de contato direto com tais substancias e contaminação, serão adotados:
• Uso de jalecos e luvas;
• Calçados fechados;
• Cabelos amarrados e não uso de anéis;
• Uso de óculos de proteção

Além de adoção de todos os procedimentos de controle de trabalho em laboratório, a fim de minimizar qualquer risco.

Antes do inicio do projeto, o professor lecionara uma aula sobre técnicas de segurança em laboratório, e ao longo das aulas, todas as atividades serão acompanhadas de perto pelo professor a fim de tornar a atividade segura. Todos os equipamentos serão disponibilizados pelo professor e escola.

A pesquisa contribuirá para melhoria dos padrões de ensino e das metodologias adotadas em sala. Espera-se que a abordagem investigativa do tema e a experimentação

facilite a aprendizagem dos alunos a respeito do conteúdo de eletroquímica, bem como crie uma aproximação entre o estudante e a Química tornando o estudo desse tópico mais atraente e interessante além de conscientizar os alunos sobre o descarte do lixo eletroeletrônico, o que, espera-se torna-los, multiplicadores de ideias boas para o meio ambiente.

Para participar deste estudo, o voluntário sob sua responsabilidade, não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, ele tem assegurado o direito à indenização. O(A) participante tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou o(a) Sr.(a) de retirar seu consentimento e interromper a participação do voluntário sob sua responsabilidade, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A participação dele(a) é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição e do participante quando finalizada. O(A) participante não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. O nome ou o material que indique a participação do voluntário não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no Colégio Sagrado Coração de Maria de Ubá e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a identidade do participante com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato _____, responsável pelo participante _____, autorizo sua participação e declaro que fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “O ENSINO DE ELETROQUÍMICA: UMA PROPOSTA POR EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA UTILIZANDO O RESÍDUO ELETROELETRONICO” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Ubá, _____ de _____ de 20___.

_____

Assinatura do Responsável Legal pelo Participante

_____

Assinatura do Pesquisador

Pesquisador Executor: Gabriel Henrique Sperandio
Endereço: Rua Paraná 135, B. Chiquito Gazolla, Ubá - MG
Telefone: 32- 9 88125067
Email: gabriel-s@hotmail.com

Pesquisadora Responsável: Odilaine Inácio de Carvalho Damasceno
Endereço: Rua Almiro Pontes 139; Apto 101 -Viçosa - MG
Telefone: 32 9 9227-4569
Email: odilaine.damasceno@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
Universidade Federal de Viçosa
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior
Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário
Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

ANEXO B - Termo de assentimento livre e esclarecido

Você, _____, está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa "O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico". Nesta pesquisa pretendemos "compreender o processo de construção de conhecimentos a respeito da eletroquímica, bem como desenvolver uma metodologia para o ensino desse conteúdo.". O motivo que nos leva a estudar "é o baixo desempenho dos estudantes nessa área, tanto no ENEM quanto da escola". Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: a coleta de dados através de um questionário, durante 40 minutos, a fim de que possamos quantificar o que já se sabe sobre tema. Esse questionário tem o intuito de permitir a compreensão sobre o que você, aluno, já trás como conhecimento a respeito do tema do trabalho. Este, não tem caráter avaliativo e é respondido de forma individual e particular, não expondo sua responda para os demais envolvidos além da equipe que está realizando o estudo. Este questionário permitirá que possamos determinar o que já é de conhecimento prévio do aluno a respeito do tema, e após o processo de aprendizagem, verificar o que foi construído como conhecimento sobre o assunto. Ao longo do desenvolvimento do projeto, você e seus colegas de classe construirão kits para serem usados nas aulas experimentais de eletroquímica. Como são materiais derivados de lixo eletrônico, pode haver:

- contato direto com substancias Químicas como metais, soluções aquosas e plásticos. Esses materiais são contaminantes e tóxicos, além de ser bioacumulativos. Os metais pesados em contato com organismo interagem com enzimas e proteínas impedindo que essas espécies efetuem seu trabalho no metabolismo o que pode causar danos a saúde, por essa razão deve se tratar o material com extremo cuidado.

- para evitar riscos de contato direto com tais substancias e contaminação, serão adotados:

• Uso de jalecos e luvas;

• Calçados fechados;

• Cabelos amarrados e não uso de anéis;

• Uso de óculos de proteção

• Além de adoção de todos os procedimentos de controle de trabalho em laboratório, a fim de minimizar qualquer risco.

Antes do inicio do projeto, o professor lecionara uma aula sobre técnicas de segurança em laboratório, e ao longo das aulas, todas as atividades serão acompanhadas de perto pelo professor a fim de tornar a atividade segura. Todos os equipamentos serão disponibilizados pelo professor e escola.

A pesquisa tem como objetivo beneficiar a sua aprendizagem, aluno, uma vez que permitirá:

- diagnosticar as formas de aprendizagem que melhor permitem a construção do seu conhecimento;

- a aprendizagem por experimentação/discussão dos conteúdos com seus colegas e seu professor;

- exercitar a sua habilidade de trabalho em grupo.

- conhecer como células galvânicas e células eletrolíticas funcionam.

Através dos resultados dessa pesquisa, buscamos encontrar a melhor forma de permitir aos alunos que aprendam sobre a eletroquímica, o lixo eletroeletrônico e seu descarte e assim, formar pessoas que sejam multiplicadoras desses conhecimentos em uma sociedade sobre o descarte desse tipo de lixo.

Para participar deste estudo, seu responsável legal deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou seu responsável legal de retirar o consentimento ou interromper sua participação, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido(a) pelo professor/pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que o trabalho possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a permissão de seu responsável legal. Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no “Colégio Sagrado Coração de Maria de Ubá” e a outra será fornecida a você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável legal poderá modificar sua decisão sobre minha participação se assim o desejar. Já assinado o termo de consentimento por meu responsável legal, declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Pesquisador Executor: Gabriel Henrique Sperandio
Endereço: Rua Paraná 135, B. Chiquito Gazolla, Ubá - MG
Telefone: 32- 9 88125067
Email: gabriel-s@hotmail.com

Pesquisadora Responsável: Odilaine Damasceno
Endereço: Rua Almiro Pontes 139; Viçosa - MG
Telefone: 32 9 86261061
Email: odilaine.damasceno@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos Universidade Federal de Viçosa Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900

Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492 Email: cep@ufv.br www.cep.ufv.br

Ubá, _____ de _____ de 20___.

_____

Assinatura do Participante

_____

Assinatura do Pesquisador

ANEXO C - Autorização da escola

Rede Sagrado

Colégio Sagrado Coração de Maria de Ubá

AUTORIZAÇÃO

Eu, **JANE SANTOS ROSIGNOLI,** na qualidade de diretora do Colégio Sagrado Coração de Maria, autorizo a realização da pesquisa intitulada "O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o resíduo eletroeletrônico a ser conduzida sob a responsabilidade da pesquisadora Odilaine Damasceno e sua equipe representada por seu aluno de metrado Gabriel Henrique Sperandio, e declaro, que esta Instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da referida pesquisa. Esta autorização só é válida no caso de haver parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa para a referida pesquisa.

Ubá, 17 de Setembro de 2018.

Rosignoli

Jane Santos Rosignoli
DIREÇÃO GERAL
Col. Sagrado Coração de Maria

Assinatura (Carimbo)

ANEXO D - Parecer de CEP

CEP Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos Universidade Federal de Viçosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O ensino de eletroquímica: uma proposta por experimentação investigativa utilizando o lixo eletroeletrônico

Pesquisador: ODILAINE INACIO DE CARVALHO DAMASCENO

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 96315118.1.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Química

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.015.049

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Grande Área 1. Ciências Exatas e da Terra e Grande Área 7. Ciências Humanas.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo formulário: "Objetivo Primário: O ensino de eletroquímica pode ser reformulado a fim de se tornar conciso, esclarecedor, atraente e interessante para os educandos. O presente trabalho tem como objetivo oferecer uma metodologia de ensino através da investigação experimental para favorecer o processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica, que possa ser usado por todos os professores de ensino médio. Objetivo Secundário: Construir kits experimentais a partir de materiais de baixo custo obtidos a partir de resíduos eletrônicos. Desenvolver uma sequencia de ensino investigativa utilizando montagens, construídas pelo próprio estudante a partir de lixo eletrônico, promovendo o ensino e aprendizagem significativa da eletroquímica. Oportunizar a aprendizagem por experimentação investigativa a escolas que não possuem um espaço adequado as aulas experimentais."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo formulário online: "Riscos: Os riscos envolvidos na pesquisa consistem no manuseio das pilhas que serão usadas para o preparo dos kits uma vez que são materiais derivados de lixo eletrônico. Poderá haver contato direto com substâncias químicas como metais, soluções

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br

aquosas e plásticos. Alguns desses materiais são contaminantes e tóxicos, além de serem bioacumulativos. Os metais pesados em contato com o organismo interagem com enzimas e proteínas,impedindo que essas espécies efetuem seu trabalho no metabolismo, o que pode causar danos a saúde, por essa razão o material será tratado com extremo cuidado, portanto antes do inicio do projeto, o professor lecionará uma aula sobre técnicas de segurança em laboratório, e ao longo das aulas, todas as atividades serão acompanhadas de perto pelo professor, a fim de tornar a atividade segura. Além de adoção de todos os procedimentos de controle de trabalho em laboratório, a fim de evitar riscos de contato direto com tais substâncias e contaminação, também serão adotados o uso de jalecos e luvas,calçados fechados, cabelos amarrados e não uso de anéis e uso de óculos de proteção.

Benefícios: Espera-se que a pesquisa contribua para melhoria dos padrões de ensino e das metodologias adotadas em sala. Almeja-se que a abordagem investigativa do tema e a experimentação facilite a aprendizagem dos alunos a respeito do conteúdo de eletroquímica, e crie uma aproximação entre o estudante e a química, tornando o estudo desse tópico mais atraente e interessante, além de conscientizar os alunos sobre o descarte do lixo

eletroeletrônico."

Avaliação dos riscos: Adequadamente descritos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

No presente projeto, propõe-se a construção de um kit experimental que possa ser aplicado em sala de aula de qualquer escola, que possua ou não laboratório de ciências para o ensino de eletrólise em solução aquosa. Para se determinar a alcance do objeto de estudo e quão satisfatório é o uso do kit, serão aplicados questionários antes e depois do momento de aplicação do kit, além de uma lista de situações problema em forma de exercícios para os alunos, afim de quantificar o seu conhecimento e quais habilidades foram desenvolvidas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Pesquisador apresenta:

1- Informações Básicas do Projeto

2- Folha de Rosto

3- Projeto (Detalhado)

4- Carta-resposta3

5- Projeto Modificado4

6- TALE-modificado2

7- TCLE-modificado2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV

Continuação do Parecer: 3.015.049

Considerações: Termos adequadamente descritos.

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1139660.pdf	20/10/2018 11:06:41		Aceito
Outros	CARTARESPOSTAPENDENCIAS3.doc	20/10/2018 11:00:34	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO4.doc	20/10/2018 10:58:07	GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO	Aceito
Outros	CARTARESPOSTAPENDENCIAS2.doc	30/09/2018 11:19:06	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_MODIFICADO2.doc	30/09/2018 11:16:07	GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO	Aceito

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MODIFICADO2.doc	30/09/2018 11:15:30	GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO	Aceito
Outros	cartarespostapendecias.doc	17/09/2018 16:39:30	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
Outros	Autorizacao_modificado.pdf	17/09/2018 16:38:41	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	17/09/2018 16:33:39	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
Outros	Posteste.docx	05/09/2018 18:51:11	GABRIEL HENRIQUE	Aceito
Outros	Questionariopreteste.docx	05/09/2018 18:50:38	GABRIEL HENRIQUE	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

VICOSA, 12 de Novembro de 2018

Assinado por:
Maria da Conceição Aparecida Pereira Zolnier
(Coordenador(a))