

ELAINE DE OLIVEIRA MARÇAL

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA ELETROQUÍMICA: ABORDAGENS,
POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

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: Deyse Gomes da Costa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa – Campus**

T	Marçal, Elaine de Oliveira, 1983-
M313e	A experimentação no ensino da eletroquímica: abordagens, potencialidades e desafios para uma aprendizagem significativa / Elaine de Oliveira Marçal. - Viçosa, MG, 2023.
2023	1 dissertação eletrônica (149 f.): il. (algumas color.). Inclui apêndice. Orientador: Deyse Gomes da Costa Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química, 2023. Referências bibliográficas: . DOI: https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.358 Modo de acesso: World Wide Web.
	1. Eletroquímica - Estudo e ensino; 2. Eletroquímica - Experiências; 3. Ensino - Metodologia; 4. Aprendizagem; 5. Montessori, Método de educação; I. Costa, Deyse Gomes da II. Universidade Federal de Viçosa.. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional III. Título
	CDD 22. ed. 541.3707

ELAINE DE OLIVEIRA MARÇAL

**A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA ELETROQUÍMICA: ABORDAGENS,
POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

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: 05 de maio de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 ELAINE DE OLIVEIRA MARÇAL
Data: 09/07/2023 23:27:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elaine de Oliveira Marçal
Autora

Documento assinado digitalmente
 DEYSE GOMES DA COSTA
Data: 13/07/2023 16:29:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Deyse Gomes da Costa
Orientadora

*Dedico este trabalho a Deus, o orientador da
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu companheiro inseparável. Acredito fielmente que venci, pois Ele permitiu.

Ao meu esposo, Júlio, pela cumplicidade. Juntos acreditamos na realização deste sonho.

Às minhas filhas, Elena e Alice, que me inspiram diariamente pela busca de conhecimento.

Aos meus pais, José e Maria, e irmãos, Fábio e Gislaine, pelas orações e por compreenderem a necessidade da minha ausência em alguns instantes.

À Professora Doutora Deyse Gomes da Costa, pelo bom humor, parceria, honestidade, acompanhamento e dedicação. Juntas aprendemos muito.

À Professora Doutora Regina Simplício Carvalho, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional da Universidade Federal de Viçosa (PROFQUI–UFV) e a todos os professores do mestrado, pelo comprometimento, carinho e profissionalismo.

À turma do PROFQUI–UFV-2020. Muito especial! Faltam palavras para agradecer a todos. Somente Deus entende como foi bom fazer parte desta equipe de vencedores.

E a todos que não declarei aqui de maneira nominal, mas de alguma forma estiveram presentes, me apoiando durante esta caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”
(Albert Einstein)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Tereza de Calcutá)

“Se você quer resultados diferentes, não faça sempre a mesma coisa”.

(Albert Einstein)

RESUMO

MARÇAL, Elaine de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2023. **A experimentação no ensino da eletroquímica: abordagens, potencialidades e desafios para uma aprendizagem significativa.** Orientadora: Deyse Gomes da Costa.

O ensino da eletroquímica nos modos tradicionais, comumente aborda uma série de assuntos tidos como complexos e distantes do contexto cotidiano dos alunos do ensino médio, portanto, faz-se necessária a utilização de alguns recursos didáticos atraentes para deixá-lo mais significativo. Devido às dificuldades encontradas no processo ensino-aprendizagem deste conteúdo, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de realizar uma revisão sistemática em artigos científicos que apresentam a experimentação como uma metodologia de ensino, afim de investigar as principais abordagens (demonstração, investigação e verificação), potencialidades e desafios encontrados no uso das práticas experimentais. A seleção da literatura foi realizada através da plataforma *Google Scholar*[®] com as seguintes palavras: experimentação e eletroquímica. As análises foram realizadas pelo Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico[®] (MAECC[®]). O resultado do estudo serviu de embasamento para desenvolver uma sequência didática, composta de roteiros para aulas práticas, que podem auxiliar o professor em suas aulas de química. Alguns destes roteiros, fundamentado nas teorias pedagógicas de Montessori que defende a utilização de materiais concretos para auxiliar no processo de aprendizado, foram estruturados para permitir que o aluno execute os experimentos individualmente ou em grupo. Para estes roteiros foram elaborados procedimentos, passo a passo, que serviram para a construção de um kit experimental, com materiais de fácil acesso. Mediante análise documental e aplicação piloto, pode-se concluir que a experimentação é uma ferramenta eficaz para a compreensão de fenômenos que a eletroquímica propõe-se explicar e que as três abordagens analisadas: demonstração, investigação e verificação, dão enfoques diferentes, porém ambas podem favorecer uma aprendizagem significativa, desde que sua execução seja bem planejada pelo professor.

Palavras-chave: Ensino da eletroquímica. Experimentação. MAECC[®]. Aprendizagem significativa. Montessori.

ABSTRACT

MARÇAL, Elaine de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2023. **Experimentation in teaching electrochemistry: approaches, potentialities and challenges for meaningful learning.** Adviser: Deyse Gomes da Costa.

The teaching of electrochemistry in traditional ways commonly addresses a series of subjects considered complex and distant from the everyday context of high school students, therefore, it is necessary to use some attractive didactic resources to make it more meaningful. Due to the difficulties found in the teaching-learning process of this content, the present work was prepared with the objective of carrying out a systematic review of scientific articles that present experimentation as a teaching methodology, in order to investigate the main approaches (demonstration, investigation and verification), potentialities and challenges found in the use of experimental practices. The literature selection was carried out through the Google Scholar® platform with the following words: experimentation and electrochemistry. Analyzes were performed using the Meta-model of Analysis and Exploration of Scientific Knowledge® (MAECC®). The result of the study served as a basis for developing a didactic sequence, composed of scripts for practical classes, which can help teachers in their chemistry classes. Some of these scripts, based on Montessori's pedagogical theories, which advocate the use of concrete materials to aid in the learning process, were structured to allow the student to carry out the experiments individually or in groups. For these scripts, step-by-step procedures were elaborated, which served to build an experimental kit, with easily accessible materials. Through document analysis and pilot application, it can be concluded that experimentation is an effective tool for understanding phenomena that electrochemistry proposes to explain and that the three approaches analyzed: demonstration, investigation and verification, give different approaches, but both can favor meaningful learning, as long as their execution is well planned by the teacher.

Keywords: Teaching of electrochemistry. Experimentation. MAECC®. Meaningful learning. Montessori.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de formação da ferrugem	27
Figura 2 – Célula Voltáica	29
Figura 3 – Eletrodo padrão de hidrogênio	30
Figura 4 – Potenciais padrão de eletrodo.....	31
Figura 5 – Célula eletrolítica.....	37
Figura 6 – Eletrólise ígnea do Cloreto de Sódio (NaCl).....	38
Figura 7 – Eletrodeposição da prata (Ag).....	40
Figura 8 – Kits Experimentais	53
Figura 9 – Materiais reutilizáveis	54
Figura 10 – Grau de abertura das práticas experimentais investigativa	82
Figura 11 – Itens do kit experimentais	85
Figura 12 – Personalização do kit	86
Figura 13 – Rótulo da solução de sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)..	87
Figura 14 – Redução do íon cobre na palha de aço.....	88
Figura 15 – Energia gerada em cada célula voltaica.....	91
Figura 16 – Energia gerada nas pilhas ligadas em série.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metais pesados e seus efeitos nocivos à saúde humana.....	35
Tabela 2 – Artigos selecionados para revisão sistemática	46
Tabela 3 – Análise do artigo 1.....	61
Tabela 4 – Análise do artigo 2.....	62
Tabela 5 – Análise do artigo 3.....	64
Tabela 6 – Análise do artigo 4.....	65
Tabela 7 – Análise do artigo 5.....	67
Tabela 8 – Análise do artigo 6.....	69
Tabela 9 – Análise do artigo 7.....	70
Tabela 10 – Análise do artigo 8.....	71
Tabela 11 – Análise do artigo 9.....	73
Tabela 12 – Análise do artigo 10.....	74
Tabela 13 – Análise do artigo 11.....	76
Tabela 14 – Análise do artigo 12.....	77
Tabela 15 – Abordagens experimentais (AE).....	79
Tabela 16 – Potencial padrão de redução (E°).....	89

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AE	Abordagem Experimental
ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNE	Conselho Nacional de Educação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPH	Eletrodo Padrão de Hidrogênio
IFG	Instituto Federal de Goiás
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LED	Light Emitting Diode
MAECC	Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico
NOAS	Núcleo de Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Significativa
PDF	Formato de Documento Portátil
PET	Plano de Estudos Tutorados
PhET	Physics Education Technology
PIB	Produto Interno Bruto
QNEsc	Química Nova na Escola
REANP	Regime Especial de Atividades Não Presenciais
SD	Sequência Didática
SEE-MG	Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFV	Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização	13
1.2 Métodos de ensino alternativos: pequenas contribuições de Maria Montessori, David Ausubel	15
1.3 Formulação do problema e justificativa	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Específicos	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 O ensino de ciências para uma aprendizagem significativa	19
3.2 A experimentação no ensino de química e suas abordagens	22
3.3 A eletroquímica no cotidiano	26
3.3.1 As pilhas como processo eletroquímico espontâneo	28
3.3.2 Surgimento das pilhas e problemas gerados no descarte incorreto destes dispositivos.....	32
3.3.3 Processo eletroquímico não espontâneo	36
3.4 Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs) e as aulas remotas	41
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
4.1 Caracterização da pesquisa	44
4.2 Seleção dos artigos para a revisão de literatura pelo método MAECC®	44
4.3 Elaboração e aplicação da Sequência Didática	50
4.3.1 Montagem do Kit experimental.....	53
4.4 Procedimentos da aplicação piloto no período de aulas remotas	54
4.5 Procedimentos da aplicação da SD em aulas presenciais.....	56
4.6 Procedimentos para avaliação dos roteiros, kit experimental e SD.....	58

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1 Análise de conteúdo dos artigos pelo MAECC®	60
5.2 Análise da abordagem, potencialidades e desafios na aplicação das práticas experimentais	79
5.3 Análise da construção da SD	84
5.4 Análise do kit experimental.....	85
5.4.1 Prática 1: Mudando de cor	86
5.4.2 Prática 2: Corrosão do Ferro	88
5.4.3 Prática 3: Metal de sacrifício	89
5.4.4 Prática 4: Pilha voltaica	90
5.5 Análise da aplicação remota e presencial	92
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICES – Produto Educacional.....	104

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O ensino de ciências que destaca o professor como o sujeito ativo do processo educacional, vem sendo alvo de discussão há décadas em nosso país por diversos pesquisadores (LIMA, 2012; LIMA, 2013; SCHNETZLER, 2002). Este método tradicional de ensino, afirma que somente o professor pode deter todo o conhecimento, ou seja, é ele quem informa, instrui e repassa todo o saber por meio de aulas expositivas teóricas (MIZUKAMI, 1986).

A vantagem deste método é que o professor tem controle total das aulas, no entanto, este sistema de ensino trata o estudante como um agente passivo, um ouvinte de informações, que na maioria das vezes, não consegue associar o que é ensinado com o que ele já sabe (PINHO *et al.*, 2010). Com isso, não ocorre a aprendizagem significativa, que segundo Moreira (2011) é a relação entre o conhecimento que o indivíduo já possui com as novas informações relevantes.

À medida que novos estudos são desenvolvidos, nota-se a existência de diversas metodologias de ensino e uma grande necessidade da implantação destas na prática docente a fim de difundir e desenvolver o aprendizado. É importante que o professor conheça as vantagens e desvantagens de cada método, levando em consideração que o aluno está em processo de construção do seu conhecimento e que para isso ele precisa incentivá-lo, oferecendo a oportunidade que o mesmo atue como agente ativo, utilizando de mecanismos que aumentem o desejo em aprender (PINHO *et al.*, 2010), além de desenvolver o pensamento crítico e de cidadania em questões sociais, científicas e ambientais (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; CARVALHO, 2011).

Neste mesmo enfoque construtivista, pesquisas estão sendo realizadas para o avanço do ensino de Química no Brasil, a fim de mostrar ao aluno a importância de aprender esta disciplina (LIMA, 2012; SANTOS; SCHNETZLER, 1996), visto que além da dificuldade de associar o conhecimento, os alunos não entendem o porquê estudá-la.

Cabe ao professor motivá-lo e fazê-lo perceber que a Química está presente nas reações metabólicas, no meio ambiente, nos alimentos, nos medicamentos, produtos de higiene e de limpeza, cosméticos, roupas, combustíveis, no processo de

reciclagem e na geração de energia (CARDOSO, COLINVAUX, 2000), portanto, é necessário ensiná-la de forma significativa, para que os alunos possam terminar seus estudos regulares e sair da educação básica, com um mínimo de conhecimento sobre este conteúdo (SANTOS; SCHNETZLER, 1996). A ciência que estuda os materiais, suas propriedades e transformações, é de grande importância para a humanidade por estar associada à produção de novas tecnologias e contribuir fortemente no percurso formativo do ensino médio (ZUCCO, 2011).

Mediante a tantos estudos para novas tendências educacionais no ensino de Química, nota-se que os enfoques se encontram em um mesmo ponto. O que nos permite concluir que:

[...] a educação deve ser dirigida a auxiliar os alunos a aprender, tendo a capacidade de questionar a própria aprendizagem através de uma autonomia crescente durante a atividade acadêmica, fornecendo ferramentas intelectuais e sociais que permitam uma formação contínua durante toda a existência. (HALFEN *et al.*, 2020, p. 275).

Contribuir para a construção do conhecimento é uma tarefa árdua, visto que é um processo dinâmico e dependente de vários fatores. Na concepção montessoriana, o potencial de aprender está em cada um de nós e a educação se estende além dos limites do acúmulo de informações, respeitando a individualidade e desenvolvendo a criatividade do aluno, conforme afirma Módes e Cerqueira (2021).

A Química é uma ciência natural, experimental e exata. Portanto, entre diversos métodos de ensino, os mais promissores são aqueles que dispõem de atividades experimentais como proposta para desenvolver habilidades cognitivas, propiciar motivação, estimular a criatividade e o trabalho em equipe (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011; SUART; MARCONDES, 2009, OLIVEIRA, 2010, MAIATO, 2013). Segundo Suart e Marcondes (2009, p.53), “[...] as atividades experimentais podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do aluno”. Estes benefícios valem para a experimentação no ensino presencial no laboratório de ciências ou na sala de aula, no uso de simuladores virtuais, bem como para utilização de vídeos como recurso didático (CARDOSO, TAKAHASHI, 2011), sendo uma alternativa às escolas que não possuem laboratórios e para práticas que apresentam algum tipo de risco (JÚNIOR,

SANTOS, 2011). O vídeo também é uma opção para o ensino remoto, quando não é possível ter o contato direto para aplicação presencial, como foi o cenário mais recente vivenciado na educação durante a pandemia da Covid-19.

1.2. Métodos de ensino alternativos: pequenas contribuições de Maria Montessori e David Ausubel.

Inúmeros são os desafios enfrentados no processo ensino-aprendizagem. Dentre eles podemos destacar a falta de recursos didáticos, a defasagem na formação docente e as metodologias de ensino ultrapassadas (LIMA, 2012). Dentre os desafios citados, a metodologia de ensino é a mais discutida entre os pesquisadores da educação, pois é fundamental ter a certeza dos objetivos de aprendizagem no qual o professor precisa atingir (SANTOS; SCHNETZLER, 1996).

Por muitos anos, predominou-se a utilização dos métodos tradicionais de ensino, no qual as aulas são centralizadas no professor. Hoje entende-se que os métodos tradicionais não são mais adequados e que sua aplicação não é mais desejada, pois como afirma Meyer, Gonçalves e Hussein (2016), quando a transmissão de conteúdos foca apenas na memorização de conceitos, formam-se alunos desmotivados e com dificuldades de aprendizado, pois memorizar não é sinônimo de aprender (MAIATO, 2013). Porém, nas práticas docentes diárias, vê-se que os métodos tradicionais ainda sobrevivem. Eles apenas assumiram um caráter de contemporaneidade, mas mantêm em seu cerne, a mesma concepção, como afirma Mizukami (1986, p.13):

[...] a ênfase é dada às situações de sala de aula, onde os alunos são “instruídos” e “ensinados” pelo professor. Comumente, pois, subordina-se à educação à instrução, considerando a aprendizagem do aluno como um fim em si mesmo: os conteúdos e as informações têm de ser adquiridos, os modelos imitados.

Sem desvalorizar os métodos tradicionais de ensino, este trabalho tem a intenção de explorar as contribuições de Maria Montessori (1870-1952) e David Ausubel (1918-2008), como métodos alternativos no processo ensino-aprendizado da eletroquímica, para a construção do produto educacional desta dissertação.

Maria Montessori (1870-1950), era médica e tinha especialização em psiquiatria e pedagogia. Seu foco era o desenvolvimento infantil. Para ela, as condições do ambiente escolar deveriam permitir a autonomia do desenvolvimento da criança (MONTESSORI, 1985; MÓDES, CERQUEIRA, 2021). Elaborou diversos materiais para desenvolver habilidades e auxiliar no aprendizado significativo (RÖHRS, 2010). Esta contribuição do método Montessoriano utiliza materiais concretos e foi aplicada às práticas experimentais abordadas neste trabalho.

David Ausubel (1918-2008), era um psicólogo da educação, norte-americano e responsável pela criação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Para ele, aprender é acrescentar e reorganizar novas ideias ao que já foi consolidado (SCHNETZLER, 2002; VALADARES, 2011). Seus fundamentos teóricos foram propostos no presente estudo para a organização dos conceitos eletroquímicos, que são complexos. Durante a construção da sequência didática, o foco foi relacionar os conhecimentos prévios, adquiridos ao longo do estudo da Química nas séries anteriores, com os novos conceitos que estavam sendo introduzidos, pois para Ausubel, quanto mais sabemos, mais aprendemos (COELHO; MARQUES; SOUZA, 2019; MOREIRA, 1982).

Mesmo que o campo de trabalho destes dois pesquisadores tenha sido diferente, eles conseguiram tanger em um mesmo ponto: o foco no aprendizado por uma visão que organiza e integra novos conhecimentos.

1.3. Formulação do problema e justificativa

Mediante as dificuldades encontradas para a aprendizagem significativa da eletroquímica no ensino médio, utilizando apenas os métodos tradicionais de ensino, surgiu a motivação deste trabalho que se transformou na questão norteadora: **como desenvolver uma sequência de aulas para a aprendizagem significativa da eletroquímica, envolvendo a experimentação?**

Para o desenvolvimento do presente estudo, inicialmente foi realizada uma revisão de literatura, a fim de trazer embasamento teórico para a construção da dissertação. A fundamentação teórica envolve assuntos que apresentam o ensino de ciências para uma aprendizagem significativa; a experimentação no ensino de

Química e suas abordagens; a eletroquímica no cotidiano; Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) e as aulas remotas.

Visando trazer mais significado ao processo ensino-aprendizagem da eletroquímica, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de realizar uma revisão sistemática em artigos científicos que apresentam a experimentação como uma metodologia de ensino, acreditando que esta seja uma ferramenta eficaz para ajudar no entendimento dos conceitos e formar o aprendiz.

A fim de analisar as principais abordagens, potencialidades e desafios encontrados para o uso da experimentação no ensino da eletroquímica, recorreu-se à revisão da literatura pelo Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico (MAECC®). Este é um método de revisão, que segundo Cardoso; Alarcão; Celórico (2013, p. 292): “consiste em transformar a informação recolhida em conhecimento sobre o estado da arte”. Um instrumento analítico-metodológico, sustentado simultaneamente pela análise documental e a análise de conteúdo. A seleção da literatura foi realizada pela plataforma do *Google Scholar*® com as seguintes palavras: “experimentação e eletroquímica”

Os resultados da análise, serviram de embasamento teórico para ajudar na construção de uma Sequência Didática (SD), que contém a experimentação como a principal ferramenta pedagógica para desenvolver habilidades, propiciar motivação, criatividade e construção de um aprendiz significativo.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Analisar as principais abordagens (demonstração, investigação e verificação), potencialidades e desafios encontrados para o uso da experimentação no ensino significativo da eletroquímica direcionado aos alunos do ensino médio.

2.2. ESPECÍFICOS

- Pesquisar e selecionar artigos utilizando as seguintes palavras tema: “experimentação e eletroquímica”, pela plataforma *Google Scholar*[®];
- Revisar e analisar pelo método MAECC[®] os artigos obtidos na pesquisa;
- Investigar as potencialidades e desafios para o uso da experimentação no ensino da eletroquímica, nos artigos selecionados;
- Elaborar roteiros para aulas práticas experimentais;
- Desenvolver um passo a passo para a construção de um kit experimental com materiais de fácil acesso que podem ser facilmente manuseados pelos alunos;
- Aplicar de forma piloto os roteiros com o kit experimental, para incentivar a participação dos alunos durante as aulas remotas;
- Elaborar uma SD com os roteiros, visando um aprendizado significativo;
- Aplicar de forma piloto a SD como parte do planejamento anual de Química;
- Analisar os roteiros do kit experimental e da SD para uma aprendizagem significativa da eletroquímica;
- Analisar aspectos motivacionais, as habilidades e atitudes comparando a aplicação piloto nas aulas remotas e presenciais.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O ensino de ciências para uma aprendizagem significativa

A área de Ciências da Natureza é articulada pelos conhecimentos de Biologia, Física e Química. O ensino dessas ciências, tem início no ensino fundamental e seus conceitos são retomados e aprofundados no ensino médio (BRASIL, 2018).

Segundo a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), o estudo das Ciências da Natureza no ensino médio, precisa ir “além do aprendizado de seus conteúdos conceituais” (BRASIL, 2018, p. 547), pois vivemos em um mundo que vive constantes mudanças confirmadas pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

É necessário que o estudante entenda os fundamentos da natureza em seus aspectos mais gerais, possibilitando a construção e utilização dos conhecimentos específicos de forma crítica e reflexiva visando enfrentar desafios relacionados à vida e ao meio ambiente (BRASIL, 2018).

Aparentemente, parece ser mais fácil ensinar ciências para os alunos dos anos iniciais do que para os do ensino médio, pois a criança tem um olhar mais curioso, observador e investigativo. Estas habilidades são essenciais para o aprendizado de ciências (POZO, CRESPO, 2009). É notável que à medida que os alunos vão crescendo, eles perdem essas habilidades e as consequências para tal fato, geram deficiências no aprendizado, que se acumula e transforma em falta de interesse pelas ciências.

Pesquisas acerca das discussões pedagógicas para a crise na educação científica, admite-se que parte dos alunos do ensino fundamental e ensino médio, não vêem sentido em aprender ciências, o que diminui o desejo pelo aprendizado (POZO, CRESPO, 2009). No ensino médio o estudo fica fragmentado entre as áreas do conhecimento, deixando uma lacuna entre os conceitos, o que dificulta ainda mais seu entendimento (DELIZÓICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011; MOURA et al., 2012). Outra grande preocupação na perda de interesse pelo conhecimento científico, está associada aos métodos de ensino que não atraem mais a atenção dos estudantes e que faz do aprendiz um mero ouvinte, um agente passivo em sala de aula (ARAÚJO, ABIB, 2003).

Dentre as disciplinas que compõem a Ciência da Natureza, existe aqui neste trabalho uma preocupação voltada para melhorar o processo ensino-aprendizagem de eletroquímica, que é um ramo da Química que trata do estudo das “reações químicas espontâneas para produzir eletricidade e do uso da eletricidade para forçar as reações químicas não-espontâneas a acontecerem” (ATKINS, JONES, 2006, p. 539).

O estudo deste ramo é muito importante para a sociedade, visto que ele está associado ao desenvolvimento de tecnologias. Seu efetivo aprendizado pode correlacionar a compreensão do mundo físico da matéria com os fenômenos do cotidiano que são ligados ao fluxo de elétrons (SANJUAN *et al.*, 2009), como por exemplo, os processos de corrosão e galvanização, funcionamento de pilhas, baterias e produção de substâncias.

Contudo, existe um grande desafio para o professor, dado que os conceitos envolvendo a eletroquímica exigem o equilíbrio entre mundo microscópico e macroscópico. Afinal, é difícil compreender que espécies químicas doam elétrons para outras em um processo de oxirredução e que esta transferência de elétrons gera corrente elétrica, quando estes elétrons passam por um fio condutor (BARRETO, BATISTA, CRUZ, 2017).

Diante da necessidade de estimular o aprendizado desta ciência, considerada por professores e alunos como uma das temáticas mais difíceis no processo ensino-aprendizagem de Química (SANJUAN *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2016), é importante que o professor esteja atento às metodologias utilizadas em sala de aula. Segundo afirma Lima, 2013, dificuldades encontradas para o ensino de eletroquímica, deve-se às metodologias baseadas no uso excessivo de fórmulas e conceitos fragmentados de livros.

Para a solução e mudança de paradigmas das metodologias empregadas para o ensino de ciências, o primeiro passo foi dado com a implantação da BNCC, que mediante um caráter normativo, define as aprendizagens essenciais e progressivas do estudante integrando as áreas do conhecimento (BRASIL, 2018). Logo, é tarefa do professor ir em busca dos métodos alternativos, que de forma antagônica aos tradicionais, propõem um ensino desafiador, que permitirão aos alunos habilidades e atitudes necessárias para construção do seu conhecimento de forma autônoma (HALFEN *et al.*, 2020, PEREIRA, 2012), resgatando nos alunos a vontade de aprender, tal como ele fazia na infância, de forma simples, concreta e prazerosa.

As práticas metodológicas precisam ser repensadas e aplicadas da forma mais concreta possível, valorizando a evolução do aprendizado e respeitando o ritmo do aluno, como propõe Montessori (1985) no fundamento científico de sua ação. Oferecendo ao aluno um ensino significativo e com liberdade de aprendizado. Porque de fato, as formas de apresentação são tão importantes quanto os conteúdos ensinados.

Uma estratégia metodológica viável e fácil de ser aplicada, dentro da visão construtivista para o ensino de eletroquímica são as práticas experimentais. Estas atividades podem despertar nos alunos grande interesse de aprendizagem, independente do seu grau de escolaridade (GIORDAN, 1999).

As aulas que envolvem experimentos ganham destaque pela qualidade de alcançar mais sentidos sensoriais e de permitir agrupar vários alunos dentro de uma mesma estratégia de ensino (MAIATO, 2013), desenvolvendo ações positivas na aprendizagem.

Relatos afirmam que este tipo de atividades contribui com um “caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos”, segundo afirma Giordan (1999, p. 43). E ao envolver os alunos de forma ativa, ela pode aumentar a capacidade de aprender (GIORDAN, 1999, MAIATO, 2013).

Nas concepções de Carvalho (1998), as práticas experimentais, baseadas na orientação do professor e nos conhecimentos prévios do aluno, podem ampliar sua compreensão sobre os fenômenos naturais relacionados com a maneira como ele vê o mundo, promovendo aprendizado significativo.

Quando Carvalho (1998), cita sobre os conhecimentos prévios, este princípio expressa a pedagogia de David Paul Ausubel (1918-2008). Ele considera que a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos são acrescentados aos conhecimentos já assimilados, ou seja, quando novos conhecimentos sustentam o que o aluno já sabe (SCHNETZLER, 1992, MOREIRA, 2011). Uma relação que precisa fazer sentido para que o aprendizado aconteça, pois, caso contrário a aprendizagem torna-se mecânica (MOREIRA, MASINI, 1982; SCHNETZLER, 1992, MOREIRA 2011).

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria que o fator isolado mais importante, influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso, e ensine-o de acordo". (AUSUBEL *et al.*, 1976, p. apud SCHNETZLER, 1992, p. 17).

Diferente de outros pesquisadores da educação: Vygotsky, com sua pedagogia como processo social; Wallon, com a pedagogia do afeto e Piaget, com a pedagogia do desenvolvimento biológico (PEREIRA, 2012), Ausubel defende a pedagogia como:

[...] um processo de armazenamento de informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura no cérebro do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro. É a habilidade de organização das informações que deve ser desenvolvida (MOREIRA, MASINI, 1982, p. 4).

Cabe, finalmente, inferir que a aprendizagem significativa de eletroquímica pode utilizar-se da Teoria de Ausubel (1963), proposto por Moreira e Masini (1982), em seu livro, pois é um conteúdo que precisa da organização de conceitos fundamentais para sua total compreensão, ou seja, o aluno para compreender, por exemplo, a eletroquímica, precisa de conhecimentos prévios sobre átomos, elementos químicos, tabela periódica, propriedades periódicas, ligação química, número de oxidação, reações químicas e solução eletrolítica (SANJUAN *et al.*, 2009).

3.2. A experimentação no ensino de química e suas abordagens

O uso da experimentação como ferramenta metodológica para o ensino de Química não é uma novidade no processo de aprendizado. A inserção das práticas experimentais nas escolas ocorreu a mais de cem anos, objetivando melhorar o processo de aprendizagem, pois os alunos apresentavam muita dificuldade de colocar em prática aquilo que eles aprendiam na teoria (GALIAZZI *et al.*, 2001).

A função das atividades experimentais, revela ser uma prática metodológica útil que vai da verificação de leis e teorias até a possibilidade de criar situações que levem os alunos a refletirem sobre os fenômenos naturais que estão em seu cotidiano (ARAÚJO, ABIB, 2003). A experimentação como prática de aprendizagem concreta, pode ajudar na construção de conhecimentos científicos e agregação de novas habilidades e competências.

A metodologia empregada pelo uso da experimentação baseava-se nos métodos tradicionais de ensino. O aluno por meio de um roteiro “receita de bolo”, só

aplicava o que estava escrito nas informações, simplesmente realizava os experimentos para verificar os conceitos apresentados pelo professor (LISBÔA, 2015). O tempo foi passando e a forma de abordar essa metodologia para o ensino de ciências, que não dava a resposta tão esperada, foi sendo alvo de pesquisas que passaram a ser investigadas de forma exaustiva (SUART, MARCONDES, 2009).

Apesar de ser uma técnica antiga, novas abordagens vêm sendo desenvolvidas, pois considera-se que a experimentação é uma estratégia eficiente para investigar problemas do cotidiano de forma contextualizada (GUIMARÃES, 2009). Estudos apontam que esta seja uma oportunidade de inserir o aluno no processo de construção da sua própria aprendizagem, a chamada “postura construtivista”, como afirma Suart e Marcondes (2009, p. 51). Dentro deste comportamento esse método tem a capacidade de chamar a atenção dos alunos para o ensino de ciências.

Segundo Lisbôa (2015, p.198), “a experimentação é um dos principais alicerces que sustentam a complexa rede conceitual que estrutura o ensino de Química”. Vale reafirmar que a realização dos experimentos não pode ser feita de forma mecânica, sem fundamentos de investigação, onde os alunos com um roteiro em mãos irão apenas executar os procedimentos como uma atividade qualquer, sem entender o que estão fazendo. É preciso compreender que a atividade presente deve ser pautada pela teoria que vai nortear a observação (GUIMARÃES, 2009; SANTOS, MENEZES, 2020), porém os resultados experimentais precisam ser discutidos e analisados (SUART, MARCONDES, 2009).

A aprendizagem de química tende a ficar mais significativa, quando a teoria e a prática se complementam (SANTOS, MENEZES, 2020). E como afirma Hodson e colaboradores (2021), os experimentos não independem da teoria, pois é a teoria que influencia o problema a ser resolvido. E o mesmo considera que a experimentação no ensino de ciências é diferente daqueles experimentos realizados pelos cientistas em laboratórios que possuem equipamentos aprimorados para seus trabalhos e considera importante que o professor pense na melhor forma de abordar e conduzir a experimentação na educação básica (HODSON apud LEÃO; GOIL, 2021).

Contudo, a forma e os meios com que a experimentação é usada pode possibilitar diferentes estratégias. Por exemplo, usar da mesma em tempo real é uma técnica que traz muitos benefícios para os estudantes, porém isso tornou-se difícil durante o período de pandemia.

Uma alternativa que pode ser utilizada em substituição e se constitui tão eficiente quanto, é a experimentação mediante o uso de vídeos (SANTOS *et al.*, 2010; ARROIO, GIORDAN, 2006). Não apenas como um material auxiliar, mas como mais um elemento que possa compor uma sequência de ensino.

Normalmente este tipo de abordagem também é realizado quando não há possibilidade de utilizar laboratório físico, executar alguma prática que seja considerada perigosa, não ter recursos financeiros para comprar reagentes e materiais ou mesmo para agilizar um processo experimental que seja demorado (SANTOS *et al.*, 2010), porém segundo Arroio e Giordan (2006) usar vídeos para o ensino, pode ser visto além disso, pois eles auxiliam na habilidade e capacidade cognitiva do aluno. É uma técnica eficiente e útil em variadas situações, pois a potência da linguagem visual pode dizer muito mais do que o captado na fala (ARROIO, GIORDAN, 2006).

A maneira como as atividades experimentais em sala de aula é apresentada, tornou-se motivo de discussão entre os pesquisadores da educação em Ciências, pois a abordagem experimental pode ser realizada de diferentes formas. No presente trabalho foram destacadas as contribuições das abordagens de demonstração, verificação e investigação. (ARAÚJO, ABIB, 2013; LIMA, 2015; SANTOS, MENEZES, 2020).

De acordo com Lima (2015), as práticas experimentais demonstrativas facilitam o trabalho do professor. São aquelas em que o mesmo realiza o experimento e os alunos observam o que acontece. Normalmente essas práticas são utilizadas para complementar a explicação do conteúdo, retomar algum assunto já abordado (ARAÚJO, ABIB, 2013) e/ou até mesmo para repetir um fenômeno natural, para que os alunos entendam os conceitos científicos (SANTOS, NAGASHIMA, 2017).

Normalmente os experimentos de demonstração são trabalhados antes da teoria, não sendo uma regra, pois pode ser utilizado também a fim de ilustrar conceitos já trabalhados (FRANCISCO JÚNIOR, FERREIRA, HARTWIG, 2008). Apesar de ser uma técnica que não envolve o aluno na execução da prática, é muito importante a participação do mesmo nas discussões e nos questionamentos, a fim de que possam construir seu conhecimento. Uma visão rudimentar da experimentação com o objetivo de apenas comprovar uma teoria, pouco contribuirá para a aprendizagem significativa.

Quando se trata da comprovação da teoria, outra abordagem muito utilizada são as práticas experimentais de verificação. Diferente da demonstrativa, ela sugere

uma veracidade da teoria estudada, ou seja, tenta comprovar os conceitos científicos discutidos e é utilizada após a teoria. É uma metodologia muito criticada, no entanto, ainda é aplicada atualmente, pois como as explicações dos fenômenos são conhecidos pelos alunos, os resultados são previsíveis, o ensino fica mais realista quando comparado com o que é visto apenas nos livros didáticos (OLIVEIRA, 2010, PRADO; WESENDONK, 2019) e isso gera motivação para o aprendizado.

Dentre as principais abordagens, a mais defendida por pesquisadores atualmente, são as práticas experimentais investigativas. Segundo Carvalho *et al.* (2009), esta metodologia pedagógica favorece o aluno, pois diferente das demais, valoriza as concepções do estudante e contribui para construir o conhecimento de maneira crítica e reflexiva.

Nesta abordagem o professor não entrega tudo pronto, ele apenas direciona os alunos, que são os responsáveis pela formação de hipóteses, análise das evidências e conclusão dos resultados, gerando a aprendizagem significativa. Este tipo de abordagem necessita da força de vontade e maturidade do estudante e relaciona-se com a motivação e a percepção já conhecida com o que ele aprende, pois é preciso que faça algum sentido em sua vida (CARVALHO, 2009). Mesmo que o professor não seja o centro deste processo, seu papel é fundamental. Ele precisa incentivar a construção do conhecimento, suavizando o aprendizado com questionamentos que provoquem o raciocínio dos alunos.

Cabe ao professor perceber a importância do processo de planejamento e elaboração de registros relativos à atividade experimental proposta, buscando a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade (GAZOLA *et al.*, 2011, p.3).

As três abordagens relatadas mediante ao que foi apresentado, se diferem nas propostas e estratégias. Possuem técnicas que podem favorecer a aprendizagem significativa (ARAÚJO, ABIB, 2013; SANTOS, MENEZES, 2020, MOREIRA, 2011), se bem planejadas e executadas pelo professor. A escolha mais acertada da proposta que será utilizada, dependerá do risco oferecido pela mesma, existência na escola de local adequado, materiais e reagentes e também é preciso conhecer o perfil da turma

onde as práticas serão desenvolvidas, visto que todos estes fatores podem interferir nos resultados.

3.3. A eletroquímica no cotidiano

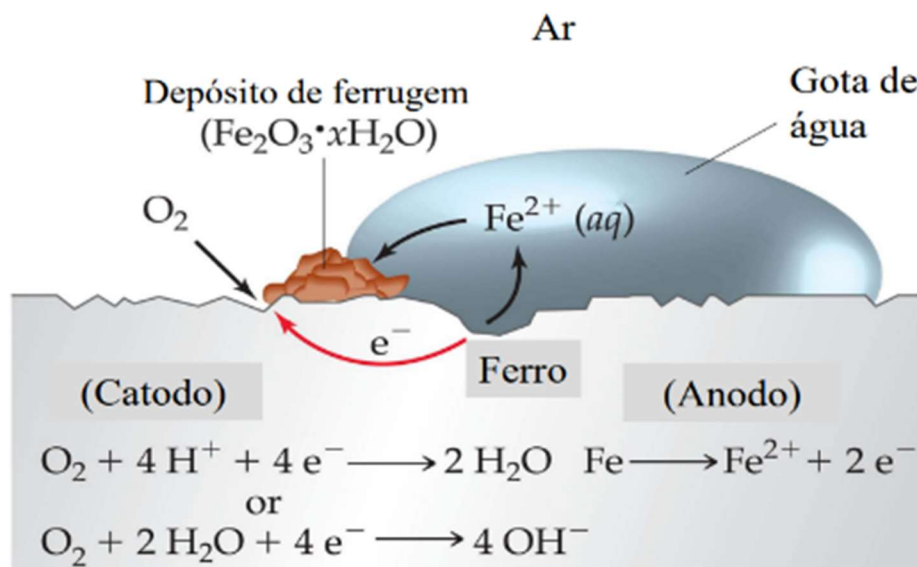
A eletroquímica é a parte da Química que estuda a combinação entre a eletricidade e as reações químicas, num processo simultâneo conhecido como reação oxirredução (redox) (ATKINS, JONES 2006; BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005). Como afirma Ticianelli e Gonzalez (1998, p.11):

[...] é o estudo de sistemas capazes de entregar trabalho útil elétrico a partir das reações de oxirredução (células galvânicas) ou de sistemas nos quais ocorrem processos de oxirredução ao receberem trabalho útil elétrico (eletrolise).

Este ramo da Química está presente em diversos processos que trazem benefícios ambientais, sociais e econômicos, como no funcionamento das pilhas e baterias que geram energia para os aparelhos eletrônicos portáteis; na indústria para produção de substâncias químicas, como alvejantes (SARTORI *et al.*, 2013); nos fenômenos da fotossíntese e respiração (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

Os processos eletroquímicos podem ocorrer de maneira espontânea ou não. O fenômeno da ferrugem é um exemplo de reação eletroquímica espontânea muito comum. Este é um tipo de corrosão que ocorre normalmente em materiais constituídos de ferro, quando são expostos à água e oxigênio (MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2004). A figura 1, abaixo, demonstra como este fenômeno ocorre:

Figura 1: Processo de Formação da Ferrugem



Fonte: Petrucci *et al.* (2007)¹

No início o ferro ($\text{Fe}_{(\text{s})}$) sofre oxidação dentro da gota d'água, antes do contato com o oxigênio molecular ($\text{O}_{2(\text{g})}$). A superfície do ferro, na gota, irá funcionar como um condutor que levará os elétrons até as bordas da mesma para promover a redução do $\text{O}_{2(\text{g})}$. Em solução, o $\text{Fe}_{(\text{s})}$ transforma-se em hidróxido de ferro II [$\text{Fe}(\text{OH})_2$] que continua sofrendo oxidação até a formação do hidróxido de ferro III [$\text{Fe}(\text{OH})_3$]. Ao entrar em contato com o oxigênio do ar, os hidróxidos se transformam em óxido de ferro III (Fe_2O_3) ou óxido de ferro hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Este segundo composto é mais comum quando a concentração de oxigênio é alta. Normalmente a água presente nas superfícies do ferro possui íons dissolvido, aumentando a chance da corrosão do ferro, fenômeno muito comum nas cidades litorâneas (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005; FELTRE, 2004; MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2004).

O ferro é um material muito importante e um dos mais utilizados pelo homem. Devido sua resistência mecânica, é utilizado na construção civil, torres de telecomunicação, navios, pontes, motores de veículos, eletrodomésticos entre outros (ESPERIDIÃO, NÓBREGA, 2008). A corrosão deste metal causa a deterioração e consequentemente reduz sua resistência e estabilidade (MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2004).

¹ Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletoquimica.pdf>>

Alguns métodos de proteção são necessários e ocorrem por meio do revestimento do metal com pinturas a base de zarcão (Pb_3O_4) ou estanho, resinas, tintas, metalização eletrolítica (galvanização) (ESPERIDIÃO, NÓBREGA, 2008) ou até mesmo por meio da utilização de um metal de sacrifício.

O metal de sacrifício ou ânodo de sacrifício, como o próprio nome sugere, é um material utilizado para proteger outro metal da oxidação. É escolhido por apresentar um potencial de oxidação maior do que o metal que ele pretende proteger (FELTRE, 2004). Eles minimizam os problemas que podem ser causados em grandes estruturas metálicas, como pontes, tanques de combustíveis e dutos, diminuindo consideravelmente os gastos com a manutenção. A viabilidade da utilização deste ânodo de proteção, está na facilidade de troca quando este estiver desgastado.

A corrosão do ferro é um desafio constante para o homem, pois gera um problema econômico preocupante e para combatê-la é necessário retardar o processo mediante métodos de proteção adequados (ESPERIDIÃO, NÓBREGA, 2008).

O processo de corrosão além de ser um problema econômico é também um grande problema social e ambiental. Estudos apontam que os prejuízos com a corrosão representam cerca de 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB) e a prevenção pode evitar 25% das perdas causadas pela mesma (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

3.3.1. As pilhas como processo eletroquímico espontâneo

Neste processo, as reações de oxirredução ocorrem espontaneamente e podem gerar corrente elétrica, que é o fluxo ordenado de espécies elétricas que passam por um condutor por unidade de tempo. Este fluxo de elétrons é gerado devido a diferença de energia potencial entre dois pontos do condutor, e a passagem da mesma segue do ponto de maior para menor energia potencial (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005; CRUZ, 1998; FELTRE, 2004).

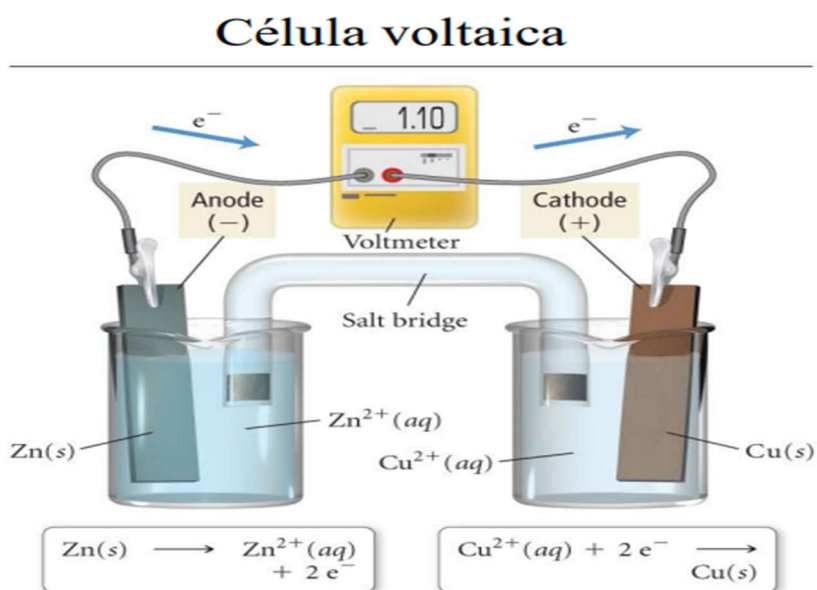
Para entendermos melhor o que acontece, imagina-se dois reservatórios de água iguais. No primeiro, o nível de água está maior que o segundo. Ao ligarmos estes dois reservatórios por meio de um cano, a água sairá do primeiro em direção ao segundo espontaneamente até nivelar. O mesmo acontece nos processos eletroquímicos espontâneos, porém com cargas elétricas (CRUZ, 1998). As reações espontâneas, que geram corrente elétrica, ocorrem nas células voltaicas ou galvânicas

(BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005) e esses são os princípios de funcionamento das pilhas e baterias.

Uma célula voltaica é um equipamento que conecta dois materiais diferentes imersos em um meio eletrolítico para que ocorra a reação eletroquímica. Quando há contato entre um condutor eletrônico (metal ou semicondutor) e um condutor iônico (solução ou óxido), há formação de eletrodos. Estes, chamados de polos da pilha, têm a função de transferir os elétrons do meio em que está inserido através da corrente elétrica (CRUZ, 1998).

A figura 2, representa o esquema de uma célula voltaica. Neste sistema é possível observar que a diferença de potencial (ddp) é igual a 1,10V, que os elétrons saem do eletrodo negativo (ânodo), onde ocorre a oxidação, em direção ao eletrodo positivo (cátodo), onde ocorre a redução.

Figura 2: Célula Voltaica - $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0$



Fonte: Petrucci *et al.* (2007) ²

A energia produzida nestes dispositivos pode ser medida por um aparelho conhecido como voltímetro. Ele é utilizado para verificar a tensão elétrica, que se denomina voltagem da pilha, definida pela “capacidade de impulsionar elétrons, através de circuito externo” (ESPERIDIÃO, NÓBREGA, 2008, p. 36).

² Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletroquimica.pdf>>

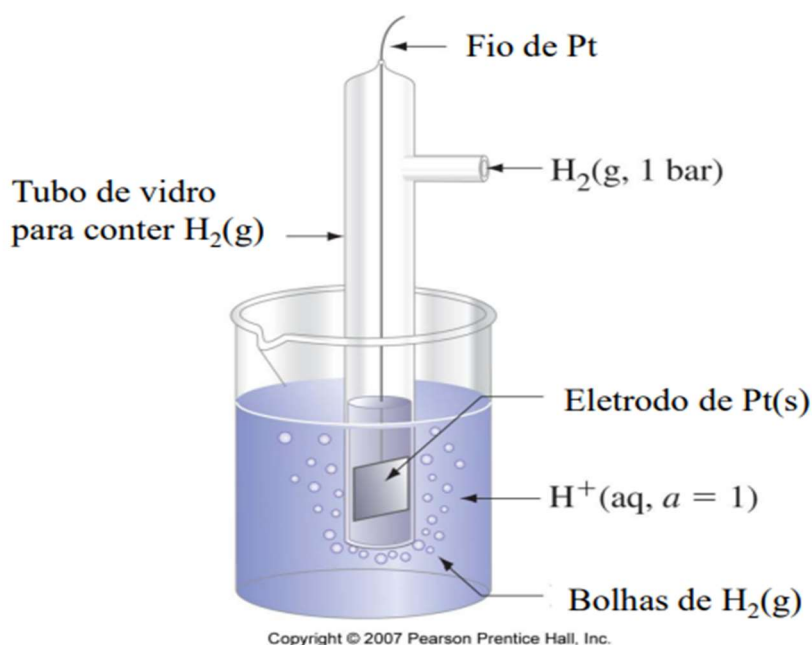
Sem o aparelho, também é possível calcular a ddp desta e de outras pilhas. Basta conhecer os potenciais padrões de redução dos materiais presentes no processo. Estes valores são consultados em uma tabela de potencial padrão e para a construção desta, foi necessário conhecer o potencial eletrostático das espécies químicas, que se trata da potência energética acumulada nos corpos (CRUZ, 1998).

Sendo impossível calcular valores absolutos dos potenciais elétricos, os cientistas estabeleceram um padrão arbitrário. O eletrodo padrão escolhido foi o Eletrodo Padrão de Hidrogênio (EPH) (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

A figura 3, abaixo, representa o EPH que

[...] consiste em um fio de platina conectado a um pedaço de lâmina de platina coberto com platina finamente dividida, que serve como uma superfície inerte para a reação. O eletrodo é encapsulado em um tubo de vidro de tal forma que o gás hidrogênio sob condições-padrão (1atm) possa ser borbulhado sobre a platina e a solução contendo $H^+(aq)$ sob condições-padrão (1 mol/L) (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005, p. 733).

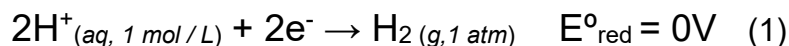
Figura 3: Eletrodo Padrão de Hidrogênio



Fonte: Petrucci *et al.* (2007) ³

³ Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletoquimica.pdf>>

A semirreação de referência é a redução de $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ a $\text{H}_{2(\text{g})}$, conforme apresentada na equação 1, abaixo, na qual o valor de potencial padrão atribuído, por convenção, é de 0V.



Ao EPH, foram confrontadas as demais espécies químicas e uma tabela de “Potenciais-Padrão de Eletrodo” foi elaborada, conforme apresenta a figura 4:

Figura 4: Potenciais Padrões de Eletrodo

TABLE 2.2 Standard Potentials of Electrode Reactions at 25°C

Electrode reaction	E° , V	Electrode reaction	E° , V
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.01	$\text{Ti}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ti}$	-0.34
$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2.98	$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.27
$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2.92	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.23
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.14
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2.92	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.13
$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2.89	$\text{D}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{D}_2$	-0.003
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2.84	$\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$	0.000
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.71	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.34
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.38	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{OH}^-$	0.40
$\text{Ti}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1.75	$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.52
$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Be}$	-1.70	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	0.80
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.05	$\text{Pd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pd}$	0.83
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76	$\text{Ir}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ir}$	1.00
$\text{Ga}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0.52	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1.07
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.40	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{In}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{In}$	-0.34	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	2.87

Fonte: Linden, Reddy (1995)

A tabela de potencial-padrão está de acordo com os critérios da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), que estabelece as mesmas condições

padrão do EPH (soluções aquosas de 1 mol/L, temperatura em 25°C a pressão dos reagentes gasosos em 1 atm) e exige escrever a semirreação no sentido da redução (FELTRE, 2004).

Para determinar o potencial padrão da célula, basta encontrar a diferença entre o potencial (E°) do oxidante e o do E° do redutor por meio da fórmula 2, representada abaixo. É importante afirmar que os processos espontâneos, geram uma variação de potencial positiva, enquanto os não espontâneos apresentam valores negativos.

$$\Delta E = E^\circ (\text{oxidante}) - E^\circ (\text{redutor}) \quad (2)$$

Quando as condições são diferentes do estado padrão estabelecido pela IUPAC, a voltagem de uma célula pode ser calculada utilizando-se uma relação denominada Equação de *Nernst*, como mostra a equação 3. Em quaisquer condições, basta conhecer os potenciais padrão, as concentrações e/ou pressões parciais dos produtos e reagentes da reação estudada (ATKINS, JONES, 2007; BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

$$\Delta E = \Delta E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \quad (3)$$

Em que:

ΔE = com soluções de quaisquer concentrações em mol.L⁻¹;

ΔE° = ddp padrão;

0,059 = valor experimental constante a 25°C (298K);

n = número de elétrons envolvidos na reação;

$Q = [P] / [R]$ = quociente da reação (redutor/oxidante)

3.3.2. Surgimento das pilhas e problemas gerados no descarte incorreto destes dispositivos

As pilhas e baterias são dispositivos muito comuns em nosso cotidiano, geram energia elétrica para serem utilizados em diversos equipamentos como controle

remoto, brinquedos, rádios, dentre outros, no entanto quase não se questiona como as mesmas surgiram.

Tudo começou no ano de 1780, quando Luigi Galvani (1737-1798) e sua equipe estudavam a aplicação terapêutica da eletricidade. Um dos seus ajudantes encostou com um bisturi na coxa de uma rã, próximo a uma máquina eletrostática. Esse simples movimento realizado, gerou uma contração nos músculos do animal (TICIANELLI, GONZALEZ, 1998; OKI, 2000).

Com o objetivo de investigar o que havia acontecido, Galvani repetiu a experiência várias vezes em diferentes ambientes e condições de tempo, utilizando diferentes metais. Ele chegou à conclusão que as contrações ocorriam sempre que os metais criavam um circuito elétrico, conectando os nervos das pernas das rãs aos músculos. Acreditava-se que a eletricidade era armazenada nos músculos da rã e que era conduzida pelos metais ao tocar os nervos da perna. Chegou-se a pensar que existia uma eletricidade própria dos animais.

Doze anos após as suposições de Galvani, Alessandro Giuseppe Anastácio Volta (1745-1827), reproduziu os experimentos dele, concluindo que a contração no músculo do animal não ocorria quando se colocava um mesmo metal em ambos os lados do semi arco que tocava a coxa da rã. Para o cientista, a rã não armazenava eletricidade e sim funcionava como um condutor, pois a energia elétrica era gerada quando ocorria o contato entre pares de metais diferentes encostados na rã, o que permitiu identificar que as contrações nas coxas das rãs de Galvani, envolviam o princípio de funcionamento de pilhas e baterias (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, 2000).

Ele ainda conseguiu concluir que ao empilhar os pares de discos de diferentes metais em repetição e entre eles colocar um tecido molhado com solução salina, era possível com a soma de cada par de discos, gerar mais energia do que aquela esperada quando apenas empilhava as placas de metal sem a presença de um meio eletrolítico. Então surge aí a famosa “pilha de Volta”, que representou o primeiro dispositivo que aproveitou as reações de oxirredução para gerar energia elétrica (TICIANELLI, GONZALEZ, 1998). Grandes foram as contribuições de Volta para a Ciência, pois por meio da sua pilha, novas substâncias e fenômenos foram descobertos (TOLENTINO, ROCHA-FILHO, 2000).

Em 1834, continuando os estudos sobre esse assunto, o cientista Michael Faraday encontrou evidências de que a eletricidade gerada nas pilhas se originava de

reações químicas entre o eletrólito e um polo da pilha. Neste tempo ele desenvolveu as leis da eletrólise, que foi muito útil aos químicos, pois foi possível realizar a separação de elementos químicos, através da aplicação de corrente elétrica, além de sua contribuição em citar pela primeira vez termos eletroquímicos como eletrólito, eletrodo, íons, cátions e ânions que ainda são utilizados atualmente (TICIANELLI, GONZALEZ, 1998).

Devido ao estudo mais aprofundado da eletrólise, foi possível criar pilhas mais eficientes. Foi o que fez o químico, físico e meteorologista britânico, John Frederic Daniell. A pilha de Daniell representou um progresso tecnológico histórico, importantíssimo para a revolução industrial. Sua pilha era composta de dois eletrólitos ao invés de um e funcionava da seguinte forma: dois metais diferentes eram mergulhados em soluções de seus íons. É utilizada uma ponte salina para fechar o circuito e possibilitar a passagem controlada de íons, aumentando a vida útil da pilha (COSTA, PORTO, 2021).

Depois deste desenvolvimento marcante para a história, novas pilhas foram surgindo e a tecnologia eletroquímica continuou evoluindo. Podemos citar como exemplo as famosas baterias de lítio, muito duráveis. Classificadas como baterias secundárias porque são recarregáveis e podem ser capazes de suportar 300 ciclos de carga e descarga. Normalmente são utilizadas em celulares, tablets, notebooks, dentre outros (BOCCHI, FERRACIN, BIAGGIO, 2000).

Contudo, um exemplo notável na evolução das pilhas e baterias são as pilhas de combustível, que são células eficientes que utilizam o hidrogênio e oxigênio como reagente e têm como produto a água, podendo ser considerada uma promissora fonte de energia limpa (VILLULAS, TICIANELLI, GONZÁLEZ, 2002). A desvantagem desta célula está no alto custo de obtenção, armazenamento e transporte do gás hidrogênio (TICIANELLI, GONZALEZ, 1998). Visando o desenvolvimento tecnológico, pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de substituir os combustíveis fósseis por estas células devido a sua elevada eficiência energética (SILVEIRA *et al.*, 2021).

Atualmente é muito difícil imaginar a vida sem pilhas e baterias. É quase impossível viver sem celular, controle remoto e equipamento como *notebooks* e *tablets*. Porém o acúmulo destes materiais na natureza tem sido motivo de preocupação, pois uma única pilha comum, descartada de qualquer maneira, pode contaminar o solo, lençóis freáticos e cursos d'água (CARVALHO, DIONÍZIO, DIONÍZIO, 2019).

Na natureza, uma pilha pode levar séculos para se decompor. Os metais pesados, porém, podem demorar milhões de anos para perderem suas propriedades tóxicas. Em contato com a umidade, água, calor ou outras substâncias químicas, os componentes tóxicos vazam e contaminam tudo por onde passam, podendo provocar impactos irreparáveis no solo, na água, nas plantas, nos animais e, principalmente, no homem (CARVALHO, DIONÍZIO, DIONÍZIO, 2019, p. 141).

As pilhas e baterias ainda em funcionamento não oferecem riscos, o grande problema é quando elas transformam-se em resíduos sem utilidade. Seus rejeitos são metais pesados, tais como o mercúrio, cádmio, chumbo, dentre outros, que podem causar sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana, provocando diversas doenças (MARTINS *et al.*, 2014), conforme relaciona a tabela 1, abaixo:

Tabela 1: Metais pesados e seus efeitos nocivos à saúde humana.

Metais	Doenças Relacionadas
Mercúrio	Distúrbios renais e neurológicos, mutações genéticas, alterações no metabolismo e deficiências nos órgãos sensoriais (tremores, distorções da visão e da audição)
Cádmio	É um agente cancerígeno que pode causar danos ao sistema nervoso. Acumula-se, principalmente, nos rins, fígado e nos ossos; provoca as dores reumáticas e mialgias, distúrbios metabólicos que leva à osteoporose, disfunção renal e câncer;
Chumbo	O chumbo gera perda de memória, dor de cabeça, irritabilidade, tremores musculares, lentidão de raciocínio, alucinação, anemia, depressão, insônia, paralisia, salivação, náuseas, vômitos, cólicas, perda do tônus muscular, atrofia e perturbações visuais e hiperatividade.

Fonte: Carvalho, Dionízio, Dionízio (2019), adaptado.

No entanto, como as pilhas e baterias comercializadas contém metais altamente tóxicos e em conformidade com a Resolução N° 401/2008, elas não devem ser abandonadas, lançadas ou queimadas naturalmente a céu aberto e nem lançadas em

corpos d'água e esgotos (BRASIL, 2008), a fim de evitar contaminação ambiental e à saúde humana, o descarte corretamente ecológico desses objetos é regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução N° 401/2008, que estabelece no artigo 6°:

[...] as pilhas e baterias mencionadas no art. 1º, nacionais e importadas, usadas ou inservíveis, recebidas pelos estabelecimentos comerciais ou em rede de assistência técnica autorizada, deverão ser, em sua totalidade, encaminhadas para destinação ambientalmente adequada, de responsabilidade do fabricante ou importador.

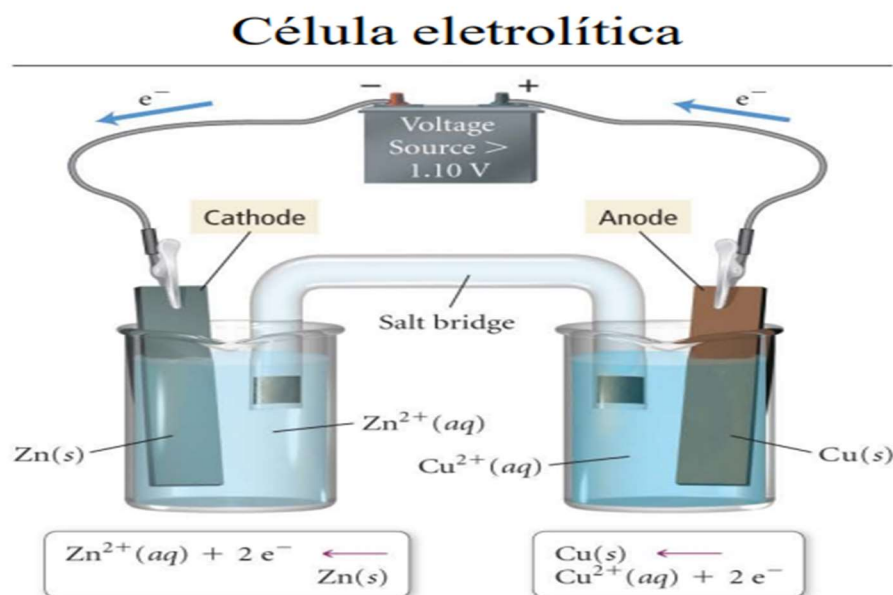
3.3.3. Processo eletroquímico não espontâneo

Neste processo, a reação de oxirredução ocorre por meio do consumo de energia elétrica para a conversão em energia química. Este fenômeno é conhecido como eletrólise e é amplamente utilizado pelas indústrias químicas (ATKINS, JONES, 2007; BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

A princípio quando surgiu o termo eletrólise seus radicais significavam, *ele*tro: eletricidade e *lise*: quebra, porque as primeiras experiências eletrolíticas surgiram para decompor as substâncias compostas em substâncias simples, porém, hoje este termo é utilizado a todos os processos não espontâneos que utilizam energia elétrica para produzir substâncias químicas que não existem livremente na natureza, como o hidróxido de sódio, gás cloro e outros (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

A figura 5, abaixo, representa um esquema de um processo eletrolítico. Neste sistema, o eletrodo positivo é o ânodo, onde ocorre a oxidação e o eletrodo negativo é o cátodo, onde ocorre a redução.

Figura 5: Célula Eletrolítica



Fonte: Petrucci *et al.* (2007)⁴

A eletrólise pode ser classificada em ígnea ou aquosa. A primeira ocorre quando os íons descarregados são obtidos a partir da fusão do eletrólito sólido na ausência de água, enquanto a aquosa pode usar o mesmo eletrólito na presença do solvente (ANDRADE, ZIMMER, 2020).

Neste processo, o eletrodo conectado ao terminal negativo do gerador será o eletrodo negativo (cátodo) da célula eletrolítica, e o conectado ao terminal positivo será o eletrodo positivo (ânodo) (ATKINS, JONES, 2007).

Este processo ocorre da seguinte forma: O gerador elétrico “puxa” elétrons do ânodo, tornando o eletrodo deficiente em elétrons gerando forte atração pelos íons negativos. Ao colidirem contra a superfície deste eletrodo, os íons negativos, deixam elétrons e sofrem oxidação. Esse mesmo gerador “empurra” elétrons para o cátodo, aumentando a quantidade de elétrons livres na superfície deste eletrodo, gerando forte atração pelos íons positivos. Esses íons, ao serem atraídos, colidem contra a superfície do eletrodo capturando os elétrons excedentes e sofrem redução (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

A aplicação da eletrólise ígnea (eletrólito fundido) tem grande utilização em indústrias, na obtenção de vários elementos químicos como o sódio, que pertence à

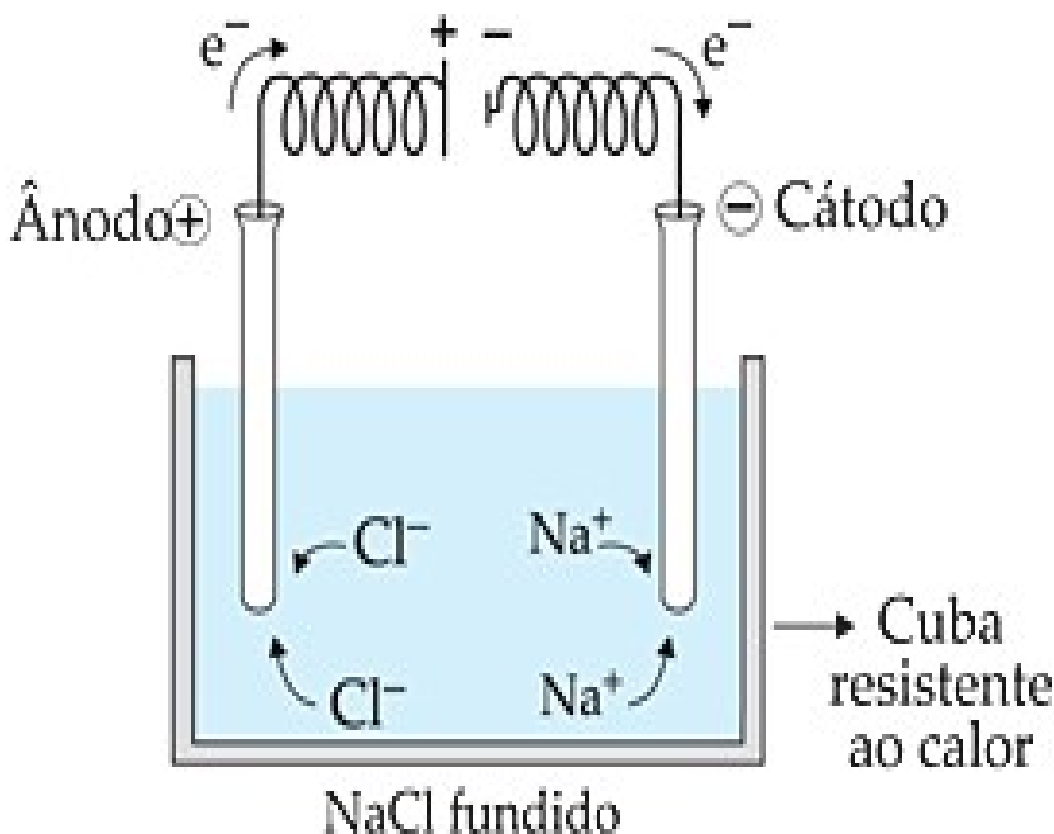
⁴ Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletoquimica.pdf>>

família dos metais alcalinos, alguns metais alcalinos-terrosos, alumínio e até do gás cloro, que é uma substância muito utilizada na produção de alvejantes, compostos orgânicos clorados e para o tratamento de água potável e de piscinas (FELTRE, 2004).

O grande problema relacionado a este processo é seu alto custo, pois os gastos com a energia elétrica e térmica são elevados. Para tornar mais viável sua execução, é utilizada em alguns casos os fundentes, que são substâncias auxiliadoras na diminuição da temperatura de fusão do eletrólito (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005).

Para entender melhor este processo, observe a formação do gás cloro e do sódio metálico, pela eletrólise ígnea do cloreto de sódio (NaCl), representado pela figura 6.

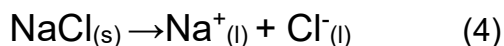
Figura 6: Eletrólise Ígnea do Cloreto de Sódio (NaCl)



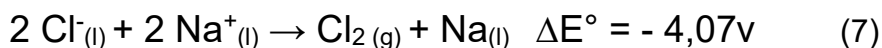
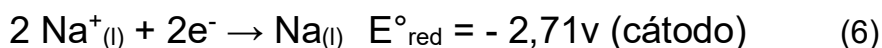
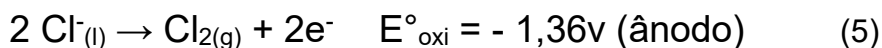
Fonte: Wikiwand ⁵

⁵ Disponível em <<https://www.wikiwand.com/pt/Eletr%C3%ADmica>>

Como a eletrólise ígnea ocorre a partir da fusão do eletrólito sólido, o cloreto de sódio é submetido ao aquecimento até sua temperatura de fusão, promovendo a separação dos íons, conforme representa equação química 4, abaixo:



Após a obtenção dos íons, uma fonte externa geradora de corrente elétrica promove a reação de oxidação dos ânions (equação 5) e a de redução dos cátions (equação 6), que pode ser acompanhada pelas seguintes semirreações:



Os produtos da eletrólise ígnea do cloreto de sódio (NaCl) são o sódio metálico e o cloro molecular ($\text{Cl}_{2(g)}$), conforme representa a equação 7, que é a reação global deste processo. Para que este processo ocorra, o gerador precisa fornecer uma tensão mínima de 4,07 volts.

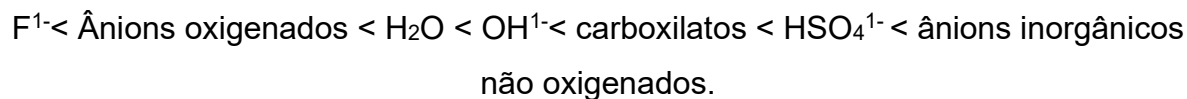
Como a eletrólise aquosa ocorre pela dissolução do eletrólito em água, na maior parte das vezes o produto obtido no processo é diferente dos que são originados pela eletrólise ígnea. Isso acontece porque na eletrólise ígnea somente cátions e ânions do eletrólito estão no meio reacional e na eletrólise aquosa temos também neste meio água e os íons de sua autoionização.

Portanto, haverá uma competição de descarga entre o cátion do eletrólito, do íon hidrônio (H_3O^+) e da molécula de água (H_2O), para reduzirem-se na superfície do cátodo. E para oxidarem-se na superfície do ânodo, a competição será entre íon hidroxila (OH^-), o ânion do eletrólito e a molécula de água (SARTORI *et al.*, 2013).

A ordem crescente de tendência à redução na superfície do cátodo segue o esquema abaixo:

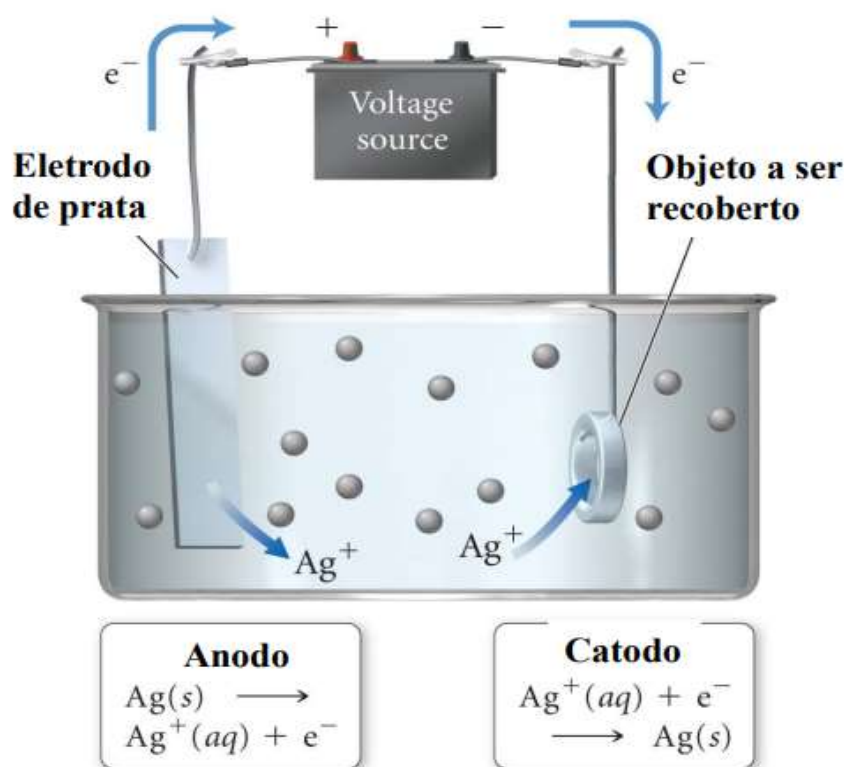


A ordem crescente de tendência à oxidação na superfície do ânodo segue o esquema abaixo:



Um exemplo muito comum de eletrólise aquosa no cotidiano é a eletrodeposição, mais conhecida como galvanização. É um processo eletroquímico que corresponde a cobrir um metal com outro, como mostra a figura 7, abaixo, que apresenta a deposição da prata (Ag):

Figura 7: Eletrodeposição de prata (Ag)



Fonte: Petrucci *et al.* (2007)⁶

O objeto metálico, que será recoberto, precisa ser ligado ao terminal negativo do gerador e imerso em uma solução do sal que contém o metal que será depositado.

⁶ Disponível em: <<http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletroquimica.pdf>>

Ela irá funcionar como o cátodo do processo e suas superfícies ficam ricas em elétrons, atraindo os cátions da solução para sofrerem redução (ANDRADE, ZIMMER, 2021).

Analisar o conceito de eletroquímica parece ser algo cientificamente distante, pois entender que as reações de oxirredução ocorrem por transferência de elétrons entre as espécies químicas envolvidas no processo (BROWN, LEMAY, BURSTEN, 2005) é algo bem abstrato, porém os fenômenos eletroquímicos estão muito presentes no nosso cotidiano.

3.4. Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e as aulas remotas

As TICs são recursos tecnológicos que funcionam como artifícios que podem ser adicionados às aulas convencionais com intenção pedagógica (LEITE, 2019). Segundo afirma Coll, Menero *et al.* (2010, p.47):

A partir de uma perspectiva construtivista que entende o desenvolvimento como a transformação por meio do processo de troca entre organismo e ambiente físico e social, as tecnologias desempenham um papel essencial na definição dos processos evolutivos.

Diversos são os recursos tecnológicos utilizados num esforço de melhorar a aprendizagem. Podemos destacar aqui animações, jogos, videoaulas, laboratório virtual, realidade aumentada, redes sociais, aplicativos, editores de textos e vídeos e plataformas de aprendizagem (LEITE, 2019).

A utilização destes recursos em sala de aula tem sido bastante discutida por pesquisadores e acredita-se que estes meios podem acrescentar grandes valores de ordens sociais, políticas e econômicas e auxiliarem para uma aprendizagem significativa (COLL, MONEREO *et al.* 2010; FREIRE, 1997; SANTOS, ZANOTELLO, 2019).

A inserção da cultura digital é de tamanha importância que vêm compondo umas das dez competências gerais da BNCC, que é um documento orientador curricular que:

[...] as redes de ensino e instituições escolares públicas e particulares passarão a ter uma referência nacional comum e obrigatória para a elaboração dos seus currículos e propostas pedagógicas, promovendo a elevação da

qualidade do ensino com equidade e preservando a autonomia dos entes federados e as particularidades regionais e locais (BRASIL, 2018, p.5).

A competência relacionada à cultura digital reconhece que o uso da tecnologia tem papel fundamental na construção do saber e pode melhorar o processo ensino-aprendizagem, uma vez que amplia as possibilidades de aquisição do conhecimento aproximando a escola da realidade do aluno. É necessário que a introdução das TICs na educação seja analisada não como uma simples forma de dialogar com a educação com diversão e sim um meio de potencializar o ensino (BRASIL, 2018; BUCKINGHAM, 2010, FREIRE, 1997).

Segundo Paulo Freire (1997), não devemos ser inocentes no uso da tecnologia em sala de aula. Ela não pode servir apenas como um brinquedo para estimular e desafiar a curiosidade da criança e do jovem. A preocupação de Freire é que estas ferramentas tecnológicas precisam ser um instrumento educacional dentro do projeto político-pedagógico, que desenvolva no aluno um pensamento crítico.

O uso das tecnologias nas práticas pedagógicas não é algo novo, há décadas sua contribuição é expressiva, contudo, com a pandemia causada pelo novo coronavírus (*Coronavirus disease 2019 - Covid-19*), que obrigou o distanciamento social, deu maior destaque e importância ao uso dos meios tecnológicos nas práticas educativas.

Diante da necessidade de não prejudicar os estudantes no processo ensino-aprendizagem, o uso das tecnologias para o ensino remoto fez emergir diferentes recursos que podem servir como instrumentos pedagógicos, fazendo os profissionais das escolas de educação básica e universidades adaptarem-se, pois esta foi a única saída para dar sequência aos processos educacionais durante o período de pandemia (SOARES, COLARES, 2020).

As modalidades de ensino remoto e o uso de tecnologias digitais assumiram importância e abrangência nunca vivenciadas por escolas e educadores. Diante dessa urgência em utilizar das TICs, mediante o atual cenário da educação, os escritos nos cadernos e os trabalhos impressos podem dividir espaços e fazer destes um instrumento de ensino aprendizagem mais presente.

Durante a pandemia, no período de ensino remoto na Escola Estadual Dom Helvécio Gomes de Oliveira (escola escolhida para a aplicação piloto), duas ferramentas tecnológicas receberam destaque, o Conexão Escola 2.0 e suas funcionalidades

e o aplicativo de mensagens para smartphones, *WhatsApp*®, como uma alternativa de comunicação instantânea (CHURCH, OLIVEIRA, 2013).

O aplicativo Conexão Escola 2.0, tratava-se de uma estratégia complementar ao Regime Especial de Atividades Não Presenciais (REANP) da Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE-MG), foi indicada como uma ferramenta oficial, conforme Memorando-Circular n.6/2021/SEE/SB, de 26 de março de 2021. Após passar por melhorias, o aplicativo possibilita a interação por meio do *Google Classroom*®, considerada uma plataforma digital online que tem uma proposta de ensino e aprendizagem mais integradora. É segura, fácil e muito intuitiva. Uma fonte inovadora que permitiu aos educadores gerenciar, mensurar e enriquecer as experiências de aprendizado (SILVA, NETO, 2018). Através desta ferramenta foi possível postar os Planos de Estudo Tutorados (PETs) semanalmente e receber dos alunos as atividades concluídas e sequencialmente realizar as correções e intervenções necessárias. Um local que permitiu a organização das tarefas durante este período atípico.

Dentro do Conexão Escola 2.0 o Google Sala de Aula é a sala de aula virtual do professor, para que ele e seus estudantes interajam, potencializando as relações de ensino e aprendizagem. É nesse espaço que os professores disponibilizarão as atividades complementares e poderão receber as atividades realizadas pelos estudantes. As demais ferramentas disponíveis na plataforma, como o Google Meet, Google Formulários e outras, são alternativas complementares aos professores. (MINAS GERAIS, 2021, p.1).

O *WhatsApp*® é um aplicativo de mensagens que surgiu como uma alternativa ao sistema *Short Message Service* (SMS), sem custo adicional, que pode funcionar em variadas plataformas e dispositivos móveis como *smartphones*, *tablets* e também em diversos navegadores de internet, como *Mozilla Firefox* e *Google Chrome* (CHURCH, OLIVEIRA, 2013). Durante o período de aulas remotas, seus variados recursos, como envio de textos, fotos, áudios, vídeos, documentos em formato PDF, planilhas, *slides* e de outros documentos de até 100MB, foi uma alternativa útil e rápida ao processo de aprendizado.

Acredita-se que o uso destas tecnologias, vieram para ficar e tornar-se-ão parte permanente das interações escolares. Com isso, os professores deverão estar aptos a utilizá-las em sua prática docente para um novo modelo de ensino.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Caracterização da pesquisa

O presente estudo possui natureza exploratória e tem como principal objetivo a revisão de literatura, que é a fase essencial para a construção de qualquer investigação. A pesquisa caracteriza-se como uma abordagem qualitativa que

[...] envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (GODOY, 1995, p.58).

Contudo, para o desenvolvimento do trabalho, a busca dos artigos científicos foi consultada em três plataformas de base de dados: Portal de Periódicos da Capes⁷, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*⁸ e *Google Scholar*⁹, porém a escolhida foi a última, pois permitiu uma análise ampla de trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área específica.

A técnica para a revisão sistemática empregada foi pelo Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico® (MAECC®), visto que realizar uma revisão de literatura é algo que vai além do que apenas ler um artigo já publicado, que segundo Cardoso; Alarcão; Celórico (2013, p. 292) “consiste em transformar a informação recolhida em conhecimento sobre o estado da arte”.

4.2. Seleção dos artigos para a revisão sistemática pelo método MAECC®

Para a seleção dos artigos científicos realizada por meio da plataforma *Google Scholar*®, seguiu-se três etapas. Na primeira, utilizando-se os filtros oferecidos pela plataforma, o período específico escolhido foi de 2016 a 2021, para escolha de trabalhos mais recentes; ordenado por relevância; em qualquer idioma; artigos de qualquer tipo, não incluindo patentes e citações. A busca foi realizada usando as seguintes

⁷ Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

⁸ Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>

⁹ Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>

palavras: experimentação + eletroquímica, devido a necessária busca por artigos específicos envolvendo o uso da experimentação para o ensino da eletroquímica. Esta etapa resultou em mais de dois mil trabalhos.

Na segunda etapa, para pré-selecionar alguns artigos, foram lidos os títulos e foram descartados trabalhos como tese, dissertações, trabalhos de conclusão de cursos e trabalhos com acesso restrito. Não que estes trabalhos sejam menos importantes, mas o objetivo é realizar a revisão sistemática em artigos. Das produções científicas analisadas, após a segunda etapa, foram selecionados 32 artigos.

Uma nova seleção foi necessária. Como os títulos já tinham sido lidos, nesta terceira etapa para selecionar os artigos que seriam estudados, os resumos e os procedimentos metodológicos também foram examinados. A finalidade foi escolher os artigos mais coerentes ao objetivo do trabalho, que é analisar as principais abordagens, potencialidades e desafios encontrados para o uso da experimentação no ensino significativo de eletroquímica. Nesta etapa restaram 12 artigos.

Os artigos selecionados foram submetidos à técnica de revisão de literatura MAECC®. Para cada artigo foi definido um número de identificação e para apresentá-los, extraiu-se o título e outros traços como autor(es), ano de publicação e palavras chaves. A Tabela 2, abaixo, apresenta os artigos selecionados para análise.

Tabela 2 - Artigos selecionados para a revisão sistemática

Artigos	Títulos	Traços identificados
1	Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica.	Ano de publicação: 2018 Autor(es): SANTOS; BATISTA; OLIVEIRA; CRUZ Palavras-chaves: eletroquímica, experimentação, pilhas caseiras.
2	Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio.	Ano de publicação: 2019 Autor(es): DINIZ; LEMES; SILVA; ALVES Palavras-chaves: ENEM, eletroquímica, experimentação
3	A Experimentação no foco da aprendizagem: ensinando eletroquímica de forma fácil e barata.	Ano de publicação: 2019 Autor(es): SILVA; OLIVEIRA; MAGALHÃES; NASCIMENTO; GIRÃO; ALMEIDA; PORTELA. Palavras-chaves: experimentação, eletroquímica, ensino-aprendizagem, construtivismo.

-
- | | | |
|---|---|---|
| 4 | Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa. | Ano de publicação: 2016
Autor(es): SILVA; SILVA; ALMEIDA; AQUINO
Palavras-chaves: eletroquímica, cinética química, aprendizagem significativa. |
|---|---|---|
-
- | | | |
|---|---|---|
| 5 | Experimentação investigativa em eletroquímica e argumentação no ensino médio em uma escola federal em Santa Maria/RS. | Ano de publicação: 2019
Autor(es): LEAL; SCHETINGER; PEDROSO
Palavras-chaves: ensino de Química, experimentação investigativa, argumentação. |
|---|---|---|
-
- | | | |
|---|---|---|
| 6 | O uso de software de simulação no ensino da eletroquímica na química do ensino médio. | Ano de publicação: 2019
Autor(es): GOMES
Palavras-chaves: aprendizagem significativa, metodologia, simulação, eletroquímica. |
|---|---|---|
-
- | | | |
|---|---|---|
| 7 | Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. | Ano de publicação: 2020
Autor(es): SILVA; FERRI
Palavras-chaves: ensino de química, eletroquímica, experimental. |
|---|---|---|
-

-
- 8 Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica.
- Ano de publicação:** 2019
Autor(es): SANTOS; TAMIASSO-MANTINHON; ROCHA; SOUSA; AGOSTINHO
Palavras-chaves: experimento no ensino médio, ensino de química, condutividade elétrica.
-
- 9 A experimentação e a pilha de Daniell numa abordagem demonstrativa-investigativa.
- Ano de publicação:** 2018
Autor(es): GUIMARÃES; CASTRO
Palavras-chaves: atividade experimental investigativa; eletroquímica; ensino de Química.
-
- 10 Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem.
- Ano de publicação:** 2017
Autor(es): SILVA; AMORIM; MONTEIRO; FREITAS
Palavras-chaves: experimentos de baixo custo, ensino de química, materiais alternativos.
-
- 11 Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos
- Ano de publicação:** 2017
Autor(es): BARRETO; BATISTA; CRUZ
Palavras-chaves: eletroquímica, experimentação, eletrodeposição.
-

12

Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Ano de publicação: 2021

Autor(es): ANDRADE; ZIMMER

Palavras-chaves: eletroquímica, eletrólise, galvanização

Fonte: Autora

Cada artigo foi analisado e o máximo de informações pertinentes ao trabalho foram recolhidas. Além de explorar os itens do método MAECC®, a intenção principal deste trabalho foi analisar as abordagens, potencialidades e desafios metodológicos encontrados na aplicação da experimentação para o ensino significativo da eletroquímica.

Os artigos selecionados foram separados por categorias, de acordo com a abordagem experimental para análise de conteúdo pelo mesmo método da revisão de literatura, MAECC®, que é um instrumento analítico-metodológico, sustentado simultaneamente pela análise documental e análise de conteúdo (CARDOSO; ALARCÃO; CELÓRICO, 2013).

4.3. Elaboração e aplicação da Sequência Didática.

O produto educacional desta dissertação é uma Sequência Didática (SD), que significa o desenvolvimento de um conteúdo de forma organizada, contendo atividades em sequência (ZABALA, 1998). Como afirma Batista, Oliveira e Rodrigues (2016, p. 5383):

[...] A sequência didática deve ser desenvolvida na perspectiva do ensino de conteúdos através de atividades sequenciadas, organizadas com objetivos bem definidos e esclarecidos para os professores e alunos, que contribuirão para a aprendizagem e construção do conhecimento e de novos saberes.

Ao elaborar este “conjunto de atividades articuladas entre si, que permite ao estudante refletir sobre os conteúdos” (ZABALA, 1998, p. 18), define-se os distintos papéis dos professores e alunos no processo, pois as relações estabelecidas entre eles e os conteúdos de aprendizagem, determina a solução de todo ensino.

Para elaborar esta SD, foram utilizados livros, apostilas, além dos artigos científicos que abordavam a experimentação como ferramenta metodológica, analisados pelo MAECC®, visando um embasamento teórico e prático.

Este material foi construído para desenvolver uma estrutura de ensino de eletroquímica para aprendizado significativo e consequentemente, atender às expectativas da BNCC, um documento nacional que além de garantir a equidade e igualdade dos currículos em qualquer parte do país, chama a atenção para a educação integral

do aluno (BRASIL, 2018). Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Educação (CNE), de 21 de novembro de 2018, que atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, a educação integral do aluno

[...] é o desenvolvimento intencional dos aspectos físicos, cognitivos e socio-emocionais do estudante por meio de processos educativos significativos que promovam a autonomia, o comportamento cidadão e o protagonismo na construção de seu projeto de vida (BRASIL, 2018, p. 2).

Por se tratar de um tema rico em conceitos químicos, a eletroquímica instiga o interesse e curiosidade dos estudantes. Com isso, foram utilizados vários experimentos, para que na prática o aluno pudesse refletir sobre os conteúdos que foram aplicados, elaborar hipóteses, confirmar ou refutar, desenvolvendo desta forma um aprendizado significativo.

A SD foi desenvolvida em seis módulos e cada módulo com um número de aulas específicas para a realização das atividades propostas, totalizando em 12 aulas com duração de cinquenta minutos cada. Ela foi aplicada em diferentes espaços da escola com o intuito de explorar a contribuição que cada ambiente oferece ao processo de ensino-aprendizado.

Este material é composto da definição de eletroquímica, dos conceitos essenciais para entender as reações de óxido-redução, corrosão do ferro, pilhas e eletrólise. Apresenta também um módulo que propõe a discussão para os impactos ambientais causados pelo descarte de pilhas e baterias de maneira indevida e uma seleção de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), referentes aos anos de 2016 a 2020, que podem ser aplicados como sugestões de atividades durante as aulas.

Para o desenvolvimento desses conceitos, roteiros de práticas experimentais foram propostos. Estes foram desenvolvidos para direcionar os procedimentos práticos que podem ser realizados pelo professor e/ou aluno.

Todos os roteiros são compostos de introdução, materiais, procedimentos e questões problematizadoras, que servem para fazer uma leitura do contexto experimental e estimular o diálogo entre alunos e aluno-professor para o aprendizado significativo.

Aos roteiros das práticas do “Kit experimental”, acrescentou-se uma lista de materiais de fácil acesso para a montagem do mesmo. Este kit possui a finalidade de

envolver de maneira positiva o aluno, exigindo mais esforço cognitivo para atingir um aprendizado significativo, segundo os pressupostos de Montessori, em concordância com Moreira (2011).

A SD, também é composta por um roteiro para o uso de um simulador virtual encontrado no Núcleo de Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Significativa (NOAS[®]), pertencente e disponível gratuitamente no site do sistema de ensino CNEC¹⁰.

Vale ressaltar que o uso da simulação virtual, pode apresentar-se como uma oportunidade nova para aperfeiçoar as práticas de ensino em ambientes virtuais, tornando as aulas mais atrativas e favoráveis ao aprendizado, pois sua maior contribuição é a participação efetiva dos estudantes, seguindo um roteiro ou mediante comandos do professor (ARAÚJO *et al.*, 2021).

A utilização de material concreto para o compor o kit experimental dos roteiros das práticas do “Kit experimental” proposto, foi embasado em uma proposta de aprendizagem que se fundamenta na ideia que toda criança tem capacidade de aprender espontaneamente através das experiências que adquire ao vivenciar a prática, segundo o método Montessori (MONTESSORI, 1985).

É importante ressaltar que a experimentação aqui proposta, não será utilizada para facilitar a aprendizagem, mas sim com o intuito de “abrir a mente” para os conceitos e sim formar o aprendizado. Este material deverá ser utilizado como um suporte para as aulas que envolvem a eletroquímica.

Cabe ao professor perceber a importância do processo de planejamento e elaboração de registros relativos à atividade experimental proposta, buscando a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade (ZULIANI *et al.*, 2012, p.103).

Tendo em vista que o início da elaboração desta SD foi realizado durante o período de aulas remotas, devido a pandemia da COVID-19, existe também neste produto educacional alguns links que irão direcionar o professor a drives, sites, blogs,

¹⁰ Disponível em: <<https://www.noas.com.br/>>

canais do *YouTube*[®], com dicas fundamentais para a criação de roteiros simples para gravação de vídeos, podcasts que podem ser compartilhados com os alunos em aulas não presenciais pelo *WhatsApp*[®], além de indicar aplicativos para estes fins. Dicas de como baixar vídeos de forma simples na plataforma do *YouTube*[®], montar slides e elaborar *Google Forms*[®].

4.3.1. Montagem do kit experimental

O Kit experimental foi desenvolvido com materiais simples, de baixo custo e de fácil aquisição. Cada Kit é composto pelos roteiros e os materiais necessários às atividades práticas.

Os itens que compõem o kit são: uma caixinha de papel, reutilizada, que serve para guardar todos os materiais necessários às práticas; uma garrafinha contendo uma solução de sulfato de cobre penta hidratado; pedaço de uma palha de aço; copos descartáveis transparentes de cinquenta e duzentos mililitros; pregos novos, do tipo aço polido; óleo de soja; seringa plástica; cliques de metal para papel; sal de cozinha contendo cloreto de sódio (NaCl); pedaços de fio de cobre flexível encapado; circuito com uma lâmpada de LED, retirado de “pisca-pisca”.

A construção de cada kit gerou um gasto simbólico. Os preços e os detalhes de cada item utilizado, encontram-se no apêndice desta dissertação. Abaixo, na figura 8, são apresentadas as imagens dos kits prontos para entrega:

Figura 8: Kits experimentais



Fonte: Autora

Ao aplicar a SD, notou-se a necessidade de acrescentar ao Kit alguns materiais para compor a prática do metal de sacrifício. Fizeram parte desta nova lista, 2 copos descartáveis 50 mL, 2 pregos novos; 5 cm de fio de cobre flexível (1 x 1 mm) e uma fita de papel alumínio 1 x 5 cm.

Como sugestão para deixar o kit ainda mais acessível, a seringa pode ser substituída por copinhos de remédio que são mais baratos; os copinhos descartáveis de 50 mL podem ser substituídos por embalagens de ovos de galinha, de material plástico; e ainda, após a utilização do kit, grande parte do material pode ser lavado e reutilizado, conforme apresentado na figura 9.

Figura 9: Materiais Reutilizáveis



Fonte: Autora

4.4. Procedimentos da aplicação piloto no período de aulas remotas

Em decorrência da suspensão das aulas presenciais devido à situação de emergência em saúde pública declarada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), e da Deliberação publicado no Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, em vinte e dois de março de 2020, que dispõe sobre as medidas adotadas no âmbito do Sistema

Estadual de Educação, enquanto durar o estado de calamidade pública em decorrência da pandemia causada pelo Coronavírus (COVID-19), em todo o Estado, esta pesquisa não pôde ser realizada tendo o aluno como o principal foco, porém foi possível fazer uma aplicação piloto dos roteiros das práticas do “Kit experimental”.

A turma escolhida para aplicação piloto foi a do terceiro ano do ensino médio 2021, da Escola Estadual “Dom Helvécio Gomes de Oliveira”, que está localizada na zona rural do município de Raul Soares, no distrito de Bicuíba.

Esta turma já possuía um perfil de grande dificuldade de aprendizado, no entanto, em razão do formato de aulas remotas, alguns alunos ficaram desmotivados em estudar e outros, neste período, tiveram que trabalhar para contribuir com a renda familiar. O desalento causado pela situação socioeconômica tornou esses estudantes ainda mais resistentes à participação nas aulas e até na continuidade dos estudos.

Desejando realizar a busca ativa destes alunos, surgiu a ideia de aplicar uma parte simbólica do produto educacional em aulas remotas, testando a viabilidade de execução desta metodologia atrativa e oferecendo a oportunidade de aprendizagem significativa por meio da experimentação.

Durante o Regime Especial de Atividades Não Presenciais (REANP), os alunos utilizavam o Plano de Estudo Tutorado (PET), uma das ferramentas desenvolvida pela SEE e oferecida a todos os alunos da rede estadual de Minas Gerais, como uma complementação do processo de ensino aprendizagem.

A aplicação dos roteiros experimentais foi desenvolvida como uma atividade complementar ao PET Volume 2/2021, cuja elaboração era de responsabilidade do professor. Antes de terminar as quatro semanas de atividade do PET, foi entregue para cada aluno da turma do terceiro ano o kit e os roteiros das práticas. Vale ressaltar que os materiais foram entregues para cada aluno em suas casas.

Foi estabelecido, juntamente com os alunos, que eles realizariam uma prática por semana e que antes de cada atividade seriam enviados áudios e pequenos vídeos orientadores, via *WhatsApp*®, que foi o principal meio de comunicação durante toda a aplicação.

Como forma de avaliação, os alunos enviaram fotos e/ou vídeos realizando as atividades práticas, além de responder às questões motivadoras propostas no final de cada roteiro, enviados via *WhatsApp*® ou deixar na escola.

4.5. Procedimentos para aplicação da SD em aulas presenciais

Devido ao retorno das aulas presenciais, foi possível realizar a aplicação piloto da SD. Os alunos escolhidos foram os do terceiro ano do ensino médio, ano letivo de 2022, da Escola Estadual “Dom Helvécio Gomes de Oliveira”.

A aplicação presencial foi realizada em módulos, com aulas de cinquenta minutos, utilizando-se alguns espaços da escola. As aulas teóricas foram aplicadas na sala de aula, a aula com simulação virtual, no laboratório de informática e as aulas práticas, no laboratório de ciências, seguindo os roteiros experimentais. Ao final de cada aula, questões problematizadoras foram utilizadas com o objetivo de trazer uma discussão sobre a aula.

No primeiro módulo, introduziu-se o conteúdo de eletroquímica, por meio do vídeo: “**Tudo se transforma: Pilhas e Baterias**”, localizado no *YouTube*®¹¹. Os recursos didáticos utilizados foram televisão e *pen drive*. Após a apresentação do vídeo, que durou aproximadamente doze minutos, coletou-se as narrativas dos alunos para definir eletroquímica. O tempo gasto neste módulo foi de uma aula.

O segundo módulo foi dividido em duas aulas. A primeira foi para apresentar importantes conceitos eletroquímicos: número de oxidação, reação de óxido-redução, agentes oxidante e redutor. A metodologia usada foi expositiva e teórica. Os recursos didáticos foram data *show*, *notebook*, *slides*, quadro e giz.

Na segunda aula, realizou-se uma prática experimental, sobre o processo de oxirredução do ferro na solução de sulfato de cobre. Os recursos didáticos utilizados foram os materiais da prática 1: mudando de cor, incluída no roteiro “kit experimental”.

No terceiro módulo, durante a primeira aula, realizou-se duas práticas experimentais sobre a corrosão do ferro. Os objetivos desta aula, foram compreender a importância deste metal, o que acontece com ele quando exposto ao meio ambiente sem nenhuma barreira de proteção e discutir sobre a utilização de metais de sacrifícios como um recurso de proteção ao ferro. Os recursos didáticos utilizados foram os materiais das práticas 2: corrosão do ferro e prática 3: metal de sacrifício, incluídas no roteiro “kit experimental”.

Para saber mais e desenvolver a leitura, habilidades de interpretação e argumentação, foi proposto aos alunos a leitura complementar do artigo: “Corrosão: Um

¹¹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_ltu-8>

exemplo usual de fenômeno químico”, disponível no site do Química Nova na Escola (QNEsc)¹².

Como estas práticas precisam de tempo para observação, as discussões com as questões problematizadoras foram realizadas na segunda aula deste módulo.

O quarto módulo, foi dividido em quatro aulas. A primeira aula foi expositiva e teórica. Foram abordados os conceitos de potencial elétrico de eletrodo, eletrodo padrão de hidrogênio, série de reatividade, tabela de potencial padrão e variação do potencial eletroquímico nas reações de oxirredução. Os recursos didáticos foram *data show*, *slides*, quadro e giz.

Na segunda aula, abordou-se o funcionamento da pilha, por meio do aplicativo *online* de simulação virtual NOAS®¹³. Foi possível navegar no universo micro e macroscópico da clássica pilha de Daniell, realizar as trocas de soluções eletrolíticas, eletrodos e calcular as variações das diferenças de potencial (ddp). Nesta aula, os alunos seguiram o roteiro do “simulador virtual adaptado”.

A terceira aula deste módulo, foi aplicação de uma prática experimental sobre o princípio de funcionamento da pilha voltaica. Os recursos didáticos utilizados foram os materiais da prática 4: pilha voltaica, incluída no roteiro “kit experimental”.

Na quarta aula, com o objetivo de entender o enfraquecimento de uma pilha à medida que sua tensão vai diminuindo, realizou-se uma atividade prática para testar a voltagem de pilhas e baterias por meio de um multímetro. Os recursos didáticos utilizados foram os materiais do roteiro “Medindo a tensão de pilhas e baterias”.

No quinto módulo, a primeira aula foi expositiva e teórica e seu principal objetivo foi apresentar o conceito de eletrólise, processo eletroquímico não espontâneo, comparar pilha e eletrólise, apresentar os tipos de eletrólise e suas aplicações. Recursos didáticos utilizados foram *data show*, *slides*, quadro e giz.

Para desenvolver um aprendizado significativo da eletrólise e aprender diferenciar eletrólise ígnea de eletrólise aquosa, foi proposta uma viagem ao mundo microscópico destes fenômenos, através de dois vídeos disponíveis no *link* do drive deste produto educacional¹⁴, sendo o primeiro uma simulação da eletrólise ígnea e o

¹² Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>>

¹³ Disponível em: <<https://www.noas.com.br/ensino-medio/quimica/fisico-quimica/eletroquimica/pilha-de-daniell/>>

¹⁴ Disponível em: <Eletrólise ígnea: https://drive.google.com/file/d/15Bfw6ECDqvTkCuotfpC6oNFq5TcWVSLO/view?usp=share_link; Eletrólise aquosa: https://drive.google.com/file/d/10bKS1qDJBEU9_rt8NAvJuXtXbtipw5hW/view?usp=share_link>

segundo da aquosa. A segunda aula, foi aplicação de uma atividade prática sobre eletrodeposição. Os recursos didáticos utilizados foram os materiais e roteiro da prática de eletrodeposição de cobre.

No sexto e último módulo, foi realizada uma discussão aberta, em uma roda de conversa. O objetivo desta aula, socioambiental, foi provocar uma inquietação nos alunos sobre o descarte consciente das pilhas e baterias, alertando sobre os perigos que estes dispositivos podem causar no meio ambiente e na saúde humana. Os recursos utilizados foram *data show* e *slides*.

Para saber mais, uma leitura complementar foi proposta com o artigo: “Pilhas e Baterias: funcionamento e Impacto Ambiental” disponível no site do QNEsc¹⁵. O tempo gasto neste módulo foi de uma aula.

Como forma de avaliação, os alunos foram observados durante a participação de todas as atividades propostas na SD, principalmente durante a discussão das questões problematizadoras. Foi solicitado que os mesmos entregassem um texto descrevendo o que sentiram durante o desenvolvimento das práticas e como estas contribuíram para sua aprendizagem significativa.

4.6. Procedimentos para avaliação dos roteiros, KIT experimental e SD.

Para avaliar a aplicação da SD, poderão ser realizadas as análises das impressões deixadas pelos alunos por meio das respostas dadas às questões problematizadoras que se encontram no final de cada roteiro das aulas propostas. Estas respostas podem ser na forma de texto, mapas mentais ou até mesmo mapa conceitual para que o professor possa coletar dados que avaliem a aprendizagem significativa.

Tanto para a aplicação remota como na presencial, além das avaliações sugeridas no final de cada aplicação, foram coletadas as impressões dos alunos por meio do *Google Forms*[®], na forma de pesquisa de opinião. Este formulário da *Google* é uma ferramenta que permite a elaboração e análise de pesquisas de forma gratuita. A pesquisa de opinião visa diagnosticar as expectativas e coletar o ponto de vista sobre determinado assunto, com o intuito de aprimorá-los. Neste trabalho, a pesquisa de opinião serviu como parâmetro para analisar a satisfação em realizar as atividades

¹⁵ Disponível em: < (<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>)>

práticas e diagnosticar as expectativas e falhas do roteiro, do Kit experimental e da SD aplicados para melhorar o desenvolvimento da aprendizagem.

Para realização da coleta de dados, ao final de cada uma das aplicações foram encaminhados aos grupos de *WhatsApp*[®] da turma, o link do *Google Forms*[®], para que os alunos pudessem responder ao questionário de satisfação.

Os dados coletados não foram utilizados como resultados e discussão deste trabalho, pois este projeto de pesquisa não foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (CEP - UFV) para apreciação antes da aplicação, devido ao período de pandemia. Fica aqui uma sugestão para projetos futuros, que poderão coletar dados da aprendizagem por meio da aplicação do produto educacional desta dissertação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de conteúdo dos artigos pelo MAECC®.

Os artigos selecionados foram lidos de forma detalhada e deles foram extraídas as metodologias, principais conceitos, contributos e implicações. As tabelas de 3 a 14, abaixo, apresentam a análise detalhada de cada artigo.

Tabela 3 - Análise do artigo 1 (Santos *et al.*, 2018)

Metodologia (abordagem)	As práticas experimentais desenvolvidas, propõe uma metodologia de experimentação investigativa ligada aos princípios da Química Verde, para a construção de pilhas caseiras a partir do uso de limões e batata inglesa, pautada na formação de alunos ativo-colaborativo e interativo agindo ora em espaço off-line e ora on-line. A intervenção didática foi aplicada no terceiro ano do Ensino Médio do Curso Técnico Integrado de Química, no Instituto Federal de Sergipe (IFS), numa turma com 22 alunos, na faixa etária entre 16 e 18 anos. Para desenvolver a pesquisa, que foi dividida em etapas, primeiramente foi realizada uma análise para sondar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao entendimento de uma reação de oxirredução e os polos numa pilha, mediante questões. As discussões realizadas nesta etapa serviram para construir os conhecimentos prévios sobre conceitos importantes presentes no conteúdo de pilhas sem a necessidade de ministrar nenhuma aula teórica. A segunda etapa, foi a etapa de formação. A turma foi dividida em quatro grupos, os alunos foram orientados a como estudar o conteúdo de construção de pilhas utilizando-se de batata inglesa e limão, em sites já direcionados, para acender um LED (<i>Light Emitting Diode</i>) de 1,5V. Na última etapa, os alunos realizaram uma produção textual, objetivando verificar a aprendizagem dos conteúdos e conceitos identificados na construção das pilhas caseiras. Nesta etapa foram recolhidas as produções textuais como material a ser analisado por meio da ATD (Técnica de Análise de Dados).
Principais conceitos e Referências	• Pilhas e baterias (Brown et al., 2005); • Experiências investigativas (Pozo, 1998; Suart e Marcondes, 2009; Ferreira et al. (2010); Suart e Marcondes 2009);

	• Inter-relação entre as características ativa, colaborativa e interativa na aprendizagem. (Van Krevelen, 1990).
Contributos	• Desenvolvimento de uma metodologia que seja viável reproduzir; • Utilização de materiais de baixo custo, não tóxico; • Construção de pilhas biodegradáveis; • Metodologia desafiadora que facilitam o aprendizado para alunos nativos digitais; • Experimentos com intenção investigativa de fácil resolução.
Implicações	A experimentação investigativa de baterias biodegradáveis desenvolveu habilidades e competências para a compreensão de conceitos envolvidos na eletroquímica. Os alunos ao serem desafiados, foram motivados a buscar as respostas, usaram a mídia para este fim. O aprendizado neste processo aconteceu de maneira coletiva e ativa. Muito válida foi a contribuição dos professores como mediadores.

Fonte: Autora

Tabela 4 - Análise do artigo 2 (DINIZ *et al.*, 2019)

Metodologia (abordagem)	A proposta experimental deste artigo consiste na construção de kits experimentais com materiais de fácil acesso para compreender associação de pilhas comerciais e não convencionais, fundamentada numa questão de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) em 2017, que trata da associação de pilhas em série e paralelo, que explora os conhecimentos químicos e físicos.
--------------------------------	--

Principais conceitos e Referências	• Fluxo de elétrons em células galvânicas (Cohen et al., 2018); • Associação de pilhas em série e paralelo (Silveira e Axt, 2003); • Potencial das células galvânicas em paralelo (Lopes et al., 2003) • Questão ENEM 2017 (INEP, 2019); • Equação de Nernst (Marconato e Bidóia, 2003).
Contributos	• Desenvolvimento de kits experimentais, material didático de fácil reprodução para professores da educação básica; • Compreender que valores positivos de potencial de células medidos experimentalmente são úteis para mostrar que uma reação redox acontece espontaneamente; • Analisar questões e utilizá-las para desenvolver aulas com uma metodologia mais prática, significativa e criativa; • Explorar as possibilidades dos experimentos, como método de ensino;
Implicações	A metodologia apresentada mostra um caminho detalhado para uma abordagem demonstrativa, porém nada implica utilizar este roteiro para uma prática investigativa, pois o desenvolvimento do kit tem embasamento para isso. A construção dos kits experimentais com materiais de fácil acesso, são úteis para explicar os conceitos eletroquímicos. O esclarecimento sobre pilhas comerciais, células galvânicas, associação de pilhas em série (bateria) e a medida da capacidade dos dispositivos eletroquímicos utilizados para acender um led azul, servem para integrar o aluno dos conceitos estudados ao cotidiano.

Fonte: Autora

Tabela 5 - Análise do artigo 3 (SILVA *et al.*, 2019)

Metodologia (abordagem)	As atividades práticas foram realizadas com 26 alunos do 2º ano do ensino médio, da Escola Ensino Médio Coronel Virgílio Távora, pertencente à rede estadual do Ceará, localizada no município de Quixadá. Estes foram divididos em dois grupos. Um estudo qualitativo e quantitativo foi aplicado, sendo que a turma A (14 alunos), utilizou-se a metodologia tradicional baseada em aula expositiva sem nenhuma experimentação. Na turma B (12 alunos), uma metodologia construtivista foi ministrada permitindo que os alunos participassem de forma ativa da construção de dois experimentos, atuando ativamente na explicação dos fenômenos e na discussão. Este artigo traz uma abordagem de verificação. Para a aplicação da metodologia utilizou-se duas aulas de cinquenta minutos em ambas as turmas. Na turma B, os alunos foram divididos em 3 equipes menores. Estes foram orientados a montar os experimentos e realizar um debate sobre eles. No final do processo tanto para turma A quanto para B, foi aplicado um questionário. Ele coletou informações se a metodologia baseada em experimentos empregados, serviu de auxílio para a melhoria da aprendizagem deste conteúdo difícil.
Principais conceitos e Referências	• Experimentação como metodologia de ensino (Lima, Alves, 2016); • Reação de oxirredução (redox) (Brown, Lemay, Bursten, 2005); • A eletroquímica no cotidiano (Sartori, Santos, Trench, Fatibello-filho, 2013).
Contributos	• Sistemas eletroquímicos adaptados da literatura para reprodução; • Montagem de sistemas eletroquímicos com materiais de fácil aquisição, tornando o experimento mais acessível às escolas;

-
- O aluno como o protagonista do seu conhecimento realiza a montagem dos sistemas eletroquímicos (Pilha de Daniell e Sistema de eletrólise aquosa).
-

Implicações

Em duas turmas distintas do segundo ano do ensino médio, foram aplicadas diferentes metodologias. O resultado favorável foi verificado na turma em que os alunos montaram e executaram os experimentos, porque o desempenho destes alunos comparado aos da outra turma foi considerado mais elevado.

Fonte: Autora

Tabela 6 - Análise do artigo 4 (SILVA *et al.*, 2016)

**Metodologia
(abordagem)**

As atividades práticas propostas foram realizadas com estudantes do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp-UFPE). As aulas foram destinadas aos alunos do 2º ano do ensino médio, composta por 28 alunos. As atividades experimentais assumiram um trabalho de intervenção que contribuiu para o desenvolvimento de competências e habilidades dos jovens na perspectiva de que possam fazer interferências e levantar hipóteses. Para isso, a aplicação da intervenção foi realizada em três momentos. No primeiro realizou-se a construção de pilhas de laranjas e mediu-se a ddp com auxílio de um multímetro, no segundo momento, após sete dias, cada grupo construiu novas pilhas, utilizando as mesmas laranjas, sendo que as metades das laranjas foram conservadas a 18°C, e a outra metade a 27°C. As ddp foram medidas para fazer comparações no terceiro momento. Os alunos foram incentivados pelo professor a realizar um debate onde a ideia de cada grupo pudessem ser expostas e até confrontadas. As principais palavras descritas pelo grupo, durante o debate

foram elencadas e posteriormente os grupos as localizaram dentro dos temas eletroquímica e/ou cinética química. Para analisar os dois temas, uma tabela foi construída para fazer a correlação.

**Principais
conceitos e
Referências**

- Eletroquímica (Brown et al., 2005);
 - Cinética química (Martorano et al., 2014; Martorano; Marcondes, 2014);
 - Ensino de Ciências (Matthews, 1995);
 - Modelo teórico da aprendizagem significativa (Ausubel, et al., 1980; Moreira, 1984);
 - Reconciliação integrativa (Moreira, 1988).
-

Contributos

- Abordagem alternativa que integra os conceitos de eletroquímica e cinética química;
 - Desenvolve habilidades e competências dos jovens estudantes na perspectiva de que possam fazer interferências e levantar hipóteses;
 - Uso de pilhas naturais para explorar transformações químicas que envolvem conceitos físicos (corrente elétrica) e biológicos (amadurecimento de frutos).
-

Implicações

Abordar a temática eletroquímica de forma integrada com os conceitos de cinética química pode representar avanços, conquistas e desafios para o professor no processo de ensino e aprendizagem, porém ajuda a desenvolver um trabalho que faça sentido nas aulas experimentais, expositivas e dialogadas.

Fonte: Autora

Tabela 7 - Análise do artigo 5 (LEAL; SCHETINGER; PEDROSO, 2019)

**Metodologia
(abordagem)**

A prática experimental com abordagem investigativa foi desenvolvida com alunos da 2ª série do EM do Colégio Politécnico da UFSM, na cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Um colégio com bastante prestígio, devido seu excelente desempenho no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Um detalhe importante, os alunos envolvidos já haviam estudado a teoria da eletroquímica. Foram aplicadas três atividades práticas em diferentes aulas, dentro de um laboratório bem equipado, com alunos que tinham habilidades e exerciam boa conduta no laboratório. De acordo com os critérios propostos por Tamir (1991), os experimentos tiveram grau de abertura diferente. Na primeira aula, os alunos montaram e investigaram pilhas (limão, batata) com diferentes materiais metálicos, limões e batatas. Eles tinham à disposição esses materiais, além de multímetro. Essa atividade foi classificada com grau de abertura A2, porque o problema foi fornecido. Na segunda aula, os próprios alunos propuseram testar suas pilhas de limão, desejando acender pequenas lâmpadas incandescentes e do tipo LED. Esta prática teve uma abertura A3, pois toda proposta ficou na responsabilidade dos discentes. Na terceira aula, foi proposto que os alunos observassem a condução de um experimento de eletrólise da água, utilizando para isso um tubo de Hoffmann, que permite a coleta dos gases produzidos no processo. Esta prática foi classificada com grau de abertura A1, pois os procedimentos e a problemática foram propostos ficando apenas as conclusões para os alunos. Como maneira de avaliar e coletar dados importantes, ao final de cada atividade experimental os grupos de alunos se expressaram da forma mais completa que puderam, respondendo às perguntas dos professores e aos questionamentos dos colegas de outros grupos. Este momento serviu para resgatar os conhecimentos prévios e interligar ao novo conhecimento adquirido. As falas dos alunos foram analisadas pelo o padrão de argumento de Toulmin (2006).

Principais conceitos e Referências	• Atividade investigativa para elaborar e analisar experimentos (Toledo e Ferreira; 2016); • Modelo filosófico de Stephen Toulmin para avaliar argumentos (Toulmin, 2006); • Ensino de Ciências por investigação (Azevedo, 2004).
Contributos	• Atividades investigativas não necessariamente precisam envolver experimentos e nem deve ser bastante aberta, ou seja, sem orientação do professor porque o aluno da educação básica tem pouca ou até mesmo nenhuma familiaridade com procedimentos e equipamentos de laboratório; • A experimentação investigativa há muitos elementos associados ao trabalho científico, porém o professor deve entender que o foco é a aprendizagem, não esperando que seus alunos venham a realizar descobertas; • Experimentação investigativa, desenvolve no aluno um papel intelectual mais ativo. • A troca de experiência entre alunos foi um fator positivo que deixou as atividades ainda mais ricas para a construção do conhecimento, como previsto pelo sociointeracionismo de Vygotsky.
Implicações	Práticas metodológicas com atividades investigativas permite uma abordagem diferenciada e criativa que exige mais do aluno e do professor, pois esta precisa mudar seu papel de dono do saber para o mediador do processo educativo e o aluno precisa de ser ativo na construção do seu conhecimento.

Fonte: Autora

Tabela 8 - Análise do artigo 6 (GOMES, 2019)

Metodologia (abordagem)	A atividade prática experimental foi realizada com alunos do segundo e terceiro ano do Ensino Médio regular da rede pública do estado situado no município de Horizonte – Ceará. O professor iniciou a pesquisa com dois questionários para conhecer o perfil dos alunos e para obter dados dos conhecimentos prévios dos alunos sobre eletroquímica. O desenvolvimento da prática experimental foi realizado por meio do simulador PhET, para construção da célula galvânica e simulação da eletrólise de metais em meio aquoso. Para executar o experimento os alunos seguiram um roteiro pré-elaborado pelo professor dando orientações para execução das duas atividades práticas. Após a aplicação das duas sequências didáticas, um terceiro questionário foi aplicado para analisar se houve mudanças de concepções e visão pedagógica dos alunos sobre a eletroquímica.
Principais conceitos e Referências	• Ciências, Tecnologia e Sociedade (SANTOS, 2002); • Simulação computacional (PHET, 2016; CRUZ, 2012); • Contribuição do laboratório químico virtual (LOPES, 2004).
Contributos	• Utilização do software de modelagem PHET para o desenvolvimento e aprendizagem de eletroquímica; • Desenvolver metodologias estratégicas para preencher determinadas lacunas existentes devido os altos custos de manutenção dos laboratórios de Química e falta de equipamentos, reagentes e vidrarias.
Implicações	Uso de simuladores virtuais para promover e auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem colaborativa e apropriação de novos saberes pedagógicos e tecnológicos no estudo da eletroquímica. Estes simuladores

conseguem contribuir com o conhecimento por ser dotado de elementos de interações que permitem ao aluno navegar pelo mundo microscópico da matéria.

Fonte: Autora

Tabela 9 - Análise do artigo 7 (SILVA; FERRI, 2020)

Metodologia (abordagem)	A metodologia foi aplicada a 24 alunos do 2º ano do Curso Técnico em Eletrotécnica Integrado ao Ensino Médio em tempo integral do IFG. Os alunos realizaram duas atividades práticas experimentais de “reação de oxirredução”, na primeira atividade, comparou-se a reatividade de diferentes metais mais comuns no dia-a-dia, como cobre, zinco, ferro e magnésio. Este experimento teve duração de três horas. A segunda atividade, foi realizada no laboratório. A prática foi para observar a reação de oxirredução entre o nitrato de prata e o cobre metálico. Esta atividade teve duração de três horas. Após a realização de cada prática, um questionário foi aplicado, como instrumento de coleta de dados. Foram observados o desenvolvimento individual/coletivo nos dois encontros para realizar análises e um levantamento de dificuldades individuais e coletivas. O conteúdo dos questionários foi analisado segundo a proposta de “Análise Temática de Bardin”.
Principais conceitos e Referências	• Ensino de ciências (DELIZÓICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011); • Experimentação no ensino de ciências (SILVA, MACHADO, TUNES, 2011); • Análise Temática de Bardin (BARDIN, 2009).
Contributos	• Associação dos processos químicos ao cotidiano do aluno;

-
- Relacionar o conhecimento prévio com o científico;
 - Condução das práticas por meio de roteiros sem antes terem contato com os conceitos básicos;
 - Trabalho em grupo para manipular os materiais e reagentes para execução das práticas propostas;
 - Investigar a evolução dos alunos ao trabalharem com a prática em grupo;
 - Análise de conteúdo em torno de três polos cronológicos: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados.
-

Implicações

Os conceitos de oxidação, redução, agente redutor, agente oxidante e variação de potencial da reação, foram bem assimilados pela maioria dos estudantes, contudo os alunos apresentaram dificuldades na compreensão de outros conceitos como: metal, íon, balanceamento de equações, reações contendo íons, número de oxidação e propriedades periódicas, portanto, novas estratégias serão repensadas para melhorar o desempenho desta lacuna que foi formada.

Fonte: Autora

Tabela 10 - Análise do artigo 8 (SANTOS *et al.*, 2019)

**Metodologia
(abordagem)**

A atividade prática experimental foi proposta e aplicada em uma turma do primeiro ano do nível médio do Colégio e Curso Sonnart, situado na Ilha do Governador, na cidade do Rio de Janeiro, pela professora regente, após o ensino da parte teórica da matéria. Os alunos foram divididos em grupos e juntos contribuíram com os materiais para serem analisados. A professora previamente montou um circuito elétrico simples, com o objetivo de estudar a condutividade de líquidos e até mesmo a intensidade do brilho da luz na presença de certas substâncias como

meio eletrolítico e foi a principal manipuladora da atividade, por questão de segurança. Os alunos foram avaliados mediante discussões enriquecedoras que até permitiram a professora retomar alguns conceitos de eletroquímica, de soluções e de ácidos já abordados e fazer um “*link*” nos tópicos da química básica.

**Principais
conceitos e
Referências**

- Ensino de Química (PASTRE et al., 2012; SILVA et al., 2014);
 - O papel da experimentação no ensino da eletroquímica (GONÇALVES, 2016);
 - Relação do conteúdo teórico ao experimento (GREIN, 2014);
 - Estudo da solução eletrolítica (SANTIAGO, PRAXEDES, LIMA, GIBINI, 2016).
-

Contributos

- Experimentos simples com materiais de baixo custo e fácil acesso;
 - Participação dos alunos na aquisição de materiais;
 - Utilização de questões para nortear a discussão após a prática;
 - Alunos empolgados e interessados que gerou discussão, envolvendo diversos conceitos de química.
-

Implicações

A execução das práticas foi realizada pela professora com a participação ativa dos alunos, sem que estes soubessem previamente qual seria a prática e o conteúdo que seria trabalhado. A atuação da professora foi na etapa que envolve a manipulação do sistema elétrico, por questão de segurança. A aula experimental promoveu uma ocasião de discussão e troca de informação, desejando desenvolver a formação continuada.

Fonte: Autora

Tabela 11 - Análise do artigo 9 (GUIMARÃES; CASTRO, 2018)

Metodologia (abordagem)	A atividade experimental foi aplicada em duas turmas de 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular no município de Barra Mansa (RJ), totalizando trinta e três alunos. Esta atividade foi realizada em laboratório didático bem equipado e a abordagem experimental empregada foi demonstrativa-investigativa, devido a insegurança do professor, pois os alunos ainda não estavam preparados para uma abordagem totalmente investigativa. Para o desenvolvimento da atividade seguiu-se os três pressupostos de Suart e Marcondes (2008). Primeiramente os alunos são convidados a um momento de análise e discussão do experimento da pilha de Daniell apresentada no livro didático antes de ir para o laboratório, este momento levou ao levantamento de hipóteses. No segundo momento, os alunos vão para o laboratório realizar o experimento em grupos. No terceiro momento ocorre a discussão com todos os grupos para dar uma conceituação final e possíveis generalizações, tentando extrapolar a situação experimental, visando a construção e reconstrução dos conhecimentos científicos relacionados à eletroquímica, de maneira coletiva e participativa. As falas dos alunos foram analisadas pelo próprio professor.
Principais conceitos e Referências	• Categorias, em diferentes níveis das atividades experimental (BORGES, 2002); • Formas de trabalhar atividade investigativa (AZEVEDO, 2004); • Abordagem experimental investigativa (SUART, 2008; SUART, MARCONDES, 2009; OLIVEIRA, 2009); • Atividade experimental investigativa demonstrativa (MACHADO, TUNES, 2011);
Contributos	• Na abordagem investigativa, os alunos são incentivados a fazer uma pergunta, pois o questionamento é a base desta abordagem;

-
- O planejamento é muito importante nesse tipo de abordagem, pois nenhuma investigação se inicia sem conhecimentos específico, proporcionando aos alunos conhecimento necessário que irão orientá-los na investigação;
 - Não existe rigidez nas atividades práticas.
-

Implicações

As atividades experimentais investigativas podem proporcionar melhoria nos modelos mentais dos alunos em relação aos conceitos envolvidos, devido ao fato que os próprios alunos formulam hipóteses, planejam e executam os procedimentos em busca da resolução do problema.

Fonte: Autora

Tabela 12 - Análise do artigo 10 (SILVA *et al.*, 2017)

**Metodologia
(abordagem)**

Proposta metodológica, aplicada numa perspectiva construtivista com abordagem experimental demonstrativa para investigar a importância de aulas experimentais no ensino de química, com materiais de baixo custo, para alunos do nível médio de escolas públicas. As atividades práticas experimentais foram realizadas na Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Gaspar Viana, localizada na Cidade de Marabá – PA, com as turmas do segundo e terceiro ano pré-estabelecidas pelos docentes de Química da escola. As atividades práticas de cinética consistiam em desenvolver a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio alterando os fatores externos, como: temperatura, concentração dos reagentes, área de contato e efeito catalisador. As atividades práticas de eletroquímica consistiam em produzir e testar pilhas de batatas, soluções eletrolíticas e na observação de reação de oxirredução. Para realizar a investigação foram aplicados questionários aos alunos sobre os temas cinética

química e eletroquímica, antes da aula teórica, depois da aula teórica e depois da aula prática. As aplicações dos questionários seguiram em turma que teve contato com a aula prática e em outra que somente foram abordadas aulas teóricas.

**Principais
conceitos e
Referências**

- Experimentos de baixo custo (VALADARES, 2001);
 - Eletroquímica (FELTRE, 1996);
 - Contextualização no ensino de Cinética Química (LIMA, 2011).
-

Contributos

- Importância das aulas experimentais no ensino de Química;
 - Desenvolvimento de aulas práticas experimentais com materiais de baixo custo;
 - Aulas práticas organizadas com discussão e análise, possibilitando a interpretação de fenômenos químicos e trocas de informações entre os alunos;
 - Aumento significativo da atenção dos alunos na sala de aula após a realização dos experimentos.
-

Implicações

A promoção de aulas dinâmicas que envolvem abordagens experimentais, apresenta-se como um bom recurso didático que auxiliam no processo ensino-aprendizagem. É por meio dos resultados que foi possível perceber que não há necessidade de grandes recursos financeiros para atingir o conhecimento significativo, pois materiais de baixo custo e fácil aquisição que foram propostos neste artigo, é uma alternativa viável para tornar as aulas mais atraentes e motivar o aprendizado.

Fonte: Autora

Tabela 13 – Análise do artigo 11 (BARRETO; BATISTA; CRUZ, 2017)

Metodologia (abordagem)	Desenvolvimento de duas práticas experimentais de eletrodeposição espontânea e não espontânea, com uma abordagem demonstrativa. As atividades experimentais foram mediadas pelos autores do presente estudo, professores de Química, e aplicadas a 25 (vinte e cinco) alunos de uma turma do 3º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Manoel Messias Feitosa, situado em Nossa Senhora da Glória/SE. As práticas experimentais consistiam na deposição química de prata em um bastão de cobre e a outra, de eletrodeposição de prata em um substrato de cobre no formato de anel. Os alunos foram avaliados mediante depoimentos sobre a aula experimental. Também foram requeridas as representações das células eletroquímicas, por meio de desenhos, para que pesquisadores e estudantes pudessem perceber possíveis mudanças conceituais.
Principais conceitos e Referências	• Experimentação em sala de aula (CASTILHO, 2015); • Natureza pedagógica de experimentação (GALIAZZI, GONÇALVES, 2004).
Contributos	• Desenvolver a distinção de processos eletroquímicos espontâneos e não espontâneos por meio do fenômeno da eletrodeposição; • Desenvolver um pensamento científico, ou seja, um pensamento que vai além do senso comum; • Elaboração de desenhos para demonstrar o alcance do aprendizado dos principais conceitos eletroquímicos.

Implicações

Os alunos conseguiram distinguir célula galvânica de célula eletrolítica e de desmistificar a ideia de que peças folheadas apenas passam por um banho de imersão. Por meio de desenhos, professores foram capazes de identificar a evolução do aprendizado significativo dos alunos, apesar de ter identificado algumas lacunas relacionadas à transformação do cátion em um sólido, na superfície do metal a ser revestido.

Fonte: Autora

Tabela 14 - Análise do artigo 12 (ANDRADE; ZIMMER, 2021)

**Metodologia
(abordagem)**

Proposta de atividade experimental reproduz, em escala de laboratório, o processo de galvanização, fazendo com que cada etapa seja realizada em um béquer, substituindo os grandes tanques que são utilizados na indústria. Para reproduzir o processo de galvanização, basta seguir várias etapas: primeiro ocorre a etapa de remoção de óleos e gorduras mergulhando a peça em solução de hidróxido de sódio. Na segunda etapa, a peça é mergulhada em água para enxágue, evitando o carregamento de possíveis contaminações por arraste. Na terceira etapa a peça passa por um processo de decapagem, para remover alguma possível oxidação. Este é um processo químico que normalmente utiliza-se o ácido clorídrico (HCl). A decapagem pode ser substituída promovendo um desgaste físico, por meio de um material abrasivo. Na quarta etapa, a peça é mergulhada novamente em água para enxágue. Na quinta etapa a peça passa pelo processo de eletrodeposição de zinco sobre o aço. Ela é mergulhada em uma solução eletrolítica de sulfato de zinco 1mol.L^{-1} , para produzir a eletrodeposição do zinco sobre o aço pelo processo de eletrólise. Na sexta etapa, após a deposição da peça, passou novamente pela água, para enxágue. A sétima e última etapa ocorre o processo de polimento da peça, com palha de aço até que o brilho do metal depositado seja observado.

Principais conceitos e Referências	• Galvanização (Monasa, 2015); • Eletrólise (Brett, 2017); • Eletroquímica (Atkins, Jones, 2006); • Reações catódicas e anódica (Gentil, 2014); • Descarga seletiva (Fonseca, 2017).
Contributos	• Descobrir mediante a aula prática, como uma indústria de galvanização funciona; • Ensinar conceitos fundamentais de eletroquímica, mediante a técnica de eletrodeposição; • Compreender de maneira prática a preferência de descarga no eletrodo, no processo eletrólise aquosa; • Reconhecer a importância da eletrodeposição de zinco nas ligas que contém o ferro como o elemento principal, com o intuito de aumentar sua resistência contra a corrosão.
Implicações	O ensino de eletroquímica que simula um processo industrial, pode desenvolver no aluno o interesse pelo aprendizado e a alfabetização científica construída com a prática experimental.

Fonte: Autora

5.2. Análise da abordagem, potencialidades e desafios na aplicação das práticas experimentais

Este mapeamento foi realizado a fim de explorar em cada texto, a abordagem, as potencialidades e desafios encontrados na aplicação da atividade prática experimental para o ensino da eletroquímica. A tabela 15, abaixo, relaciona os artigos agrupados em categorias de acordo com a Abordagem Experimental (AE) predominante.

Tabela 15 – Abordagem Experimental (AE)

AE	Artigos
Demonstração	8, 10 e 11
Investigação	1, 5 e 9
Verificação	3, 4, 6 e 7
Não especificado	2 e 12

Fonte: Autora

As análises realizadas nos artigos 8, 10 e 11 (SANTOS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2017; BARRETO, BATISTA, CRUZ, 2017), demonstraram o predomínio das características de uma abordagem demonstrativa. As principais evidências estão incorporadas a roteiros bem estruturados, à preocupação do professor em executar o experimento com atitude expositiva e oferecer as explicações dos fenômenos observados como o detector do saber.

A função do aluno, apresentado nestes artigos, foi de observar o experimento e realizar as anotações necessárias. Eles participaram das discussões e dos resultados, quando direcionados pelo professor, com questões fechadas e de domínio dele. Vale informar que as questões presentes nos roteiros são direcionadas à verificação da teoria presente na literatura. O professor pôde conduzir a discussão em grupo e trocar informações, como Santos *et al.* (2019), autores do artigo 8, afirmam.

As principais potencialidades desta abordagem experimental é a demanda de pouco tempo de prática, pois o professor tem o controle da situação. Elas podem ser inseridas durante a aula teórica expositiva. Considera-se um excelente recurso

quando não há materiais e reagentes suficientes, espaço físico adequado para a realização das atividades e para práticas que apresentam risco.

Outra vantagem que se destacou nesse tipo de conduta experimental, presente no artigo 11 (BARRETO; BATISTA; CRUZ, 2017), é a importância da atividade prática experimental ser realizada pelo professor com a participação ativa dos alunos. Os estudantes ficam motivados à aprendizagem de novos conceitos, ou mesmo levados ao rompimento de ideias alicerçadas no senso comum como o “banho de imersão”, que é uma concepção alternativa à eletrodeposição química.

O maior desafio enfrentado na aplicação deste tipo de abordagem é a falta de interesse por parte de alguns alunos que irão apenas assistir a prática por não terem conseguido entender a parte teórica e o desvio de atenção de alguns que não conseguem se envolver.

Os artigos 3, 4, 6 e 7 (SILVA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2016; GOMES, 2019, SILVA; FERRI, 2020) tratam da abordagem de verificação, ou seja, como afirma Galiazzi (2004, p. 327), “comprovação de teorias”. As atividades práticas foram executadas pelos alunos e fiscalizadas pelo professor, com o intuito de corrigir um possível erro.

Neste tipo de abordagem, com roteiro bem estruturado, direcionado e fechado, as práticas podem ser em tempo real como demonstram Silva *et al.* (2019), Silva *et al.* (2016) e Silva e Ferri (2020), nos artigos 3, 4, 7, respectivamente, ou virtual com o uso de simuladores, como apresentado no artigo 6, de Gomes (2019).

As potencialidades deste tipo de abordagem apresentada nos artigos descritos acima, está baseada na facilidade que o aluno teve para elaborar explicações aos fenômenos observados, pois ele exerceu a função de ser ativo na realização da prática experimental, visto que ele já teve o primeiro contato com os conceitos abordados em aulas teóricas expositivas. Será desenvolvido nele maior domínio para relacionar teoria e prática, podendo levá-lo a ser capaz de fazer interferências e até chegar a levantar hipóteses, como propõe os autores do artigo 4 (SILVA *et al.*, 2016).

Como desafios podemos destacar a dificuldade de compreender alguns conceitos, discussão apresentada pelos autores do artigo 7 (SILVA, FERRI, 2020). Entende-se que para agregar mais conceitos é necessário partir de um subsunção, ou seja, um conhecimento prévio que desenvolve uma aprendizagem significativa a partir do que já sabe; outro desafio que merece destaque é a falta de interesse por parte de

alguns alunos, pois tratando-se de experimento de algo previsível, não estimulou a curiosidade deles.

Pode-se inferir que, como na abordagem demonstrativa, a abordagem de verificação precisa apresentar momentos de diálogos sobre as práticas experimentais, pensando em relacionar as observações realizadas durante a experimentação com a realidade do aluno, quebrando a visão simplista e reducionista sobre as práticas experimentais.

Nos artigos que tratam sobre a abordagem investigativa, 1, 5 e 9 (SANTOS *et al.*, 2018; LEAL; SCHETINGER; PEDROSO, 2019; GUIMARÃES; CASTRO, 2018), o professor situou-se como o orientador das atividades, porque quem pesquisou, levantou hipóteses, executou, discutiu e explicou foram os alunos.

A experimentação investigativa compreendeu diferentes métodos e não uma metodologia rígida. Um dos maiores potenciais verificados foi a utilização de questões problemas que envolveram os alunos na busca por respostas, mediante pesquisas, como apresentado no artigo 1 (SANTOS *et al.*, 2018), promovendo no aluno mais autonomia pela busca do saber.

Normalmente os roteiros experimentais neste tipo de abordagem não possuem estrutura pré-definida, os estudantes em grupo como apresentado nos artigos, montaram e desenvolveram o experimento por meio de pesquisa e não por um roteiro pré-elaborado.

Neste tipo de abordagem experimental, os alunos desenvolveram, segundo Santos *et al.*, (2018), a construção de conceitos e a consolidação de outros, pois ao serem desafiados, foram atrás de resposta que os levou à construção do conhecimento. A aplicação desta abordagem não tem uma posição definida e pode ser empregada antes da teoria, como no artigo 1 e 9 (SANTOS *et al.*, 2018; GUIMARÃES; CASTRO, 2018) ou depois da teoria, como no artigo 5 (LEAL; SCHETINGER; PEDROSO, 2019).

Não é necessário um laboratório super equipado, como descreve o artigo 5 e 9 (LEAL; SCHETINGER; PEDROSO, 2019; GUIMARÃES; CASTRO, 2018), com materiais de baixo custo e fácil aquisição é possível sua realização, como apresenta o artigo 1 (SANTOS *et al.*, 2018). O essencial é que haja questões investigativas que vão nortear a prática e levantar hipóteses, permitindo o desenvolvimento de discussão para se chegar à conclusão ou não, das hipóteses levantadas.

As potencialidades para a abordagem investigativa, são inúmeras. Dentre elas ainda podemos afirmar que transforma o aluno em um ser ativo da aprendizagem, que pode desenvolver temas socioeducacionais e não dá tanta importância ao erro, uma vez que pode ser visto como um passo para uma nova descoberta, da mesma forma que acontece no mundo científico.

Este tipo de abordagem pode aumentar a atenção e consequentemente o interesse dos alunos pelas aulas, como afirmam Guimarães e Castro (2018), autores do artigo 9. Eles demonstraram um aumento significativo de 12% para 61% da opinião dos alunos sobre os assuntos de química ministrados em sala de aula, após a realização das atividades experimentais.

Mesmo que esta metodologia tenha ganhado espaço por sua grande contribuição para o aprendizado, ela possui como desafio o tempo para execução das práticas que é mais longo e que precisa ser driblado com os currículos extensos da educação básica e exige do aluno habilidades necessárias para a realização das atividades práticas.

Outra limitação desta abordagem, é a insegurança do professor em ministrar este tipo de atuação, pois as atividades experimentais investigativas tem o aluno como protagonista do seu conhecimento e se este não possuir habilidades que atendam este ideal, é interessante que o professor comece com um grau de abertura do tipo A1, até sentir que o aluno esteja totalmente seguro e sinta-se livre para atuar no grau máximo, A3, conforme propõe Leal, Schetinger e Pedroso (2019), no artigo 5, como segue apresentado na figura 10, abaixo:

Figura 10: Grau de Abertura para Atividades Experimentais Investigativas.

Elementos de uma Atividade Experimental Investigativa	Graus de Abertura de Atividades Experimentais Investigativas			
	A0	A1	A2	A3
 PROBLEMA				
 PROCEDIMENTOS				
 CONCLUSÕES				

 A cargo do professor
  A cargo dos alunos

Fonte: Leal, Schetinger, Pedroso (2019, p. 146)

Os artigos 2 e 12 (DINIZ *et al.*, 2019; ANDRADE, ZIMMER, 2021), não apresenta a abordagem das atividades experimentais, pois não foi aplicado a nenhum estudante. No entanto, suas potencialidades e desafios puderam ser analisados para contribuir com a pesquisa. No artigo 2, Diniz *et al.* (2019) desenvolvem a experimentação para explicar a resolução de um exercício cobrado na prova de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias do ENEM, 2017. A ideia de usar questões já conhecidas, desenvolveu uma potente metodologia de ensino, rico em detalhes, para ser aplicado em sala de aula, principalmente porque os autores deste artigo resolveram detalhadamente cada alternativa da questão, deixando a resolução bem concreta, ajudando o aluno a entender cada processo. O grande desafio neste tipo de prática experimental é desenvolver a formação dos conceitos eletroquímicos essenciais para entender a questão.

No artigo 12, Andrade e Zimmer (2021), propõem o desenvolvimento do processo de galvanização, que acontece no setor industrial, replicando-o em escala de laboratório escolar para simular uma situação real de produção. A maior potencialidade deste artigo é prender a atenção dos estudantes e estimular o interesse pelo aprendizado. O grande desafio está em estimular o raciocínio dos alunos para a construção do conhecimento e estabelecer conexões entre os conceitos e o contexto, fugindo do ensino tradicional. O interessante da proposta destes dois artigos é que o professor pode elaborar muitas questões que irão nortear a prática e até investigar cada etapa dos processos.

Portanto, analisando as práticas experimentais nos artigos, as potencialidades de todas as abordagens superam as limitações. Foi possível analisar que são desvantagens fáceis de driblar e uma alternativa pode ser associar, por exemplo, uma abordagem com outra, como no caso do artigo 9 (GUIMARÃES; CASTRO, 2018) e da última atividade prática do artigo 5 (LEAL; SCHETINGER; PEDROSO, 2019), onde os autores empregaram a associação da abordagem demonstrativa e investigativa. Pode-se afirmar que todos os tipos de abordagem apresentadas configuram-se como uma boa opção para trabalhar o conteúdo de eletroquímica, pois tão importante quanto a teoria, a prática experimental se mostra uma aliada eficaz na aprendizagem significativa do aluno em conteúdos complexos, como nesse caso.

5.3. Análise da construção da SD

Os resultados das análises dos artigos foram muito úteis para construir a SD. Ficou evidente que os artigos que apresentaram as práticas experimentais por um viés investigativo, estimularam muito os alunos a argumentarem, elaborarem e expressarem seus raciocínios químicos, levantando questões críticas importantes para seu aprendizado.

Contudo, a abordagem utilizada para a construção desta SD, teve um grau de abertura do tipo A1 e A2, conforme propõem Leal, Schetinger e Pedroso (2019), devido às habilidades apresentadas pelos discentes para desenvolver este tipo de atuação. Portanto foi possível, dentro da realidade, associar as três abordagens: verificação e demonstração com traços investigativos.

A SD é composta de roteiros para práticas experimentais com materiais concretos e simulação virtual. Todos eles são compostos por introdução, lista de materiais, procedimentos e questões problematizadoras que impulsionam o pensamento crítico e a discussão em pares das práticas propostas. Os roteiros são bem direcionados à prática, porém, a intenção não é restringir o conhecimento aos procedimentos, mas sim ser um suporte aos docentes, que de acordo com a realidade dos seus alunos, poderão estimulá-los com uma abordagem mais investigativa durante todo o processo experimental.

Nesta SD está presente uma lista para a construção de um kit experimental. A mesma indica alguns materiais de fácil acesso e que não oferecem riscos aos alunos. O Kit foi elaborado para que o aluno trabalhe com material concreto, conforme propõe Maria Montessori, aumentando o significado do aprendizado. É sugerido que este conjunto de materiais seja organizado dentro de uma caixinha, para facilitar a montagem e manipulação dos experimentos.

A sugestão proposta para a aplicação da SD, é que nas práticas em que os materiais estão no kit, o aluno desenvolva sozinho ou em grupo todos os procedimentos, de maneira autônoma. Na prática com uso de simulador virtual, é orientado que o aluno siga o roteiro ou os comandos do professor. Nas demais práticas, os alunos poderão simplesmente observar o professor e quando estas não oferecerem nenhum risco, executar a montagem dos experimentos seguindo os procedimentos. Entretanto, é preciso compreender que o professor tem autonomia para alterar a aplicação,

baseando-se nas habilidades que seu planejamento deseja desenvolver nos alunos, pois as estratégias didáticas precisam adequar-se ao perfil do grupo, possibilitando aulas mais agradáveis e de fácil compreensão para atingir o ponto positivo do processo.

O material apresentado possui uma sucessão de acontecimentos dentro da dinâmica da TAS. A SD foi proposta com muitos experimentos para que o aluno fosse construindo seu conhecimento de forma significativa, abordando os principais conceitos que ele precisa dominar para compreender os fenômenos eletroquímicos presentes em seu cotidiano, desde o funcionamento de uma pilha até o processo de um banho eletroquímico.

5.4. Análise do kit experimental.

Este produto foi elaborado para auxiliar professores de Química, viabilizando o ensino da eletroquímica. Os materiais que compõem o kit, são apresentados na figura 11 e são identificados pelas letras de “a” a “m”.

Figura 11: Itens do kit experimental



Fonte: Autora

A caixinha de papelão, identificada por **a**, é um material reutilizado que serve para guardar todos os itens necessários às práticas. Esta caixinha foi desmontada e montada novamente do lado inverso, para ajudar na personalização do kit. Para melhor identificação, três rótulos foram colados na caixa. O modelo pronto é apresentado na figura 12.

Figura 12: Personalização do kit



Fonte: Autora

Os demais itens que fazem parte deste kit, serão apresentados juntamente com a análise das práticas.

5.4.1. Prática 1: Mudando de cor

Para esta atividade, utilizou-se $\frac{1}{2}$ palha de aço (**c**), um copo descartável de 200 mL, transparente e cinquenta mililitros (50 mL) de uma solução de sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) de concentração 0,5 mol/L, aproximadamente (**b**).

A solução foi acondicionada dentro de uma garrafinha de mesmo volume, de modo que o líquido fosse transportado com segurança. Esta foi rotulada com informações de concentração, volume, data de fabricação e validade, conforme

apresenta a figura 13. Desejando evitar qualquer problema relacionado ao uso indevido desta solução, foi acrescentado ao rótulo a seguinte observação: “esta solução deve ser utilizada exclusivamente para a prática indicada”.

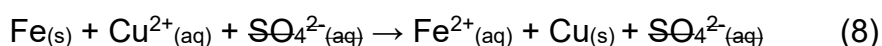
Figura 13: Rótulo da solução de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



Fonte: Autora

É importante informar que tanto a concentração e o volume da solução apresentada (**b**), quanto o tamanho da palha de aço (**c**), foram padronizados após serem testados e que a escolha destes dois reagentes, aconteceu por causa da mudança de coloração que ocorre na palha de aço (material com grande concentração de ferro) e na solução de cobre, simultaneamente.

A reação de oxirredução que explica o fenômeno químico desta prática, pode ser representada pela equação global 8:



Analisando o processo, é possível observar que o ferro oxida ao entrar em contato direto com a solução, pois ele doa seus elétrons para o cobre sofrer a redução.

Na prática, observando a figura 14, nota-se os íons cobre reduzindo-se na superfície da palha de aço.

Figura 14: Redução do íon cobre na palha de aço



Fonte: Autora

5.4.2. Prática 2: Corrosão do Ferro

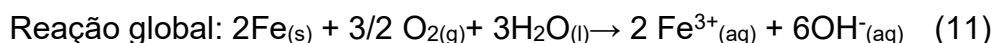
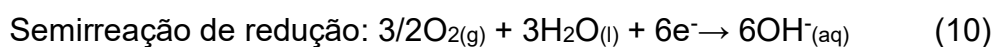
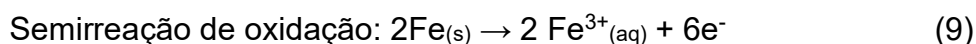
Para o desenvolvimento desta prática, utiliza-se dois pregos novos, do tipo aço polido com cabeça (2,4 x 20 mm) (e). A condição dos pregos é para que a ferrugem não interfira nos resultados; dois copos descartáveis de 50 mL, transparente (f); 5 mililitros de óleo de soja (g); 1 seringa de 10mL (h); 10 mL de água fervida, fria e 15 mL de água da torneira.

Neste experimento são montados dois sistemas. Em um deles o prego não terá mais contato com o gás oxigênio, pois antes de colocar o prego na água, esta passa pelo processo de aquecimento até a ebulição, para que todos os gases dissolvidos possam evaporar, principalmente o oxigênio molecular que é um forte agente oxidante.

Para evitar que gases dissolvam novamente na água deste sistema, ele é mantido tapado até esfriar e logo depois de adicionar o prego, uma fina camada de óleo é usada para isolar a dissolução do ar no meio aquoso.

No outro sistema, o prego é deixado em contato direto com a água e o oxigênio.

Após aproximadamente 24h que os sistemas foram montados, pode-se perceber que na presença da dupla água e oxigênio, o ambiente ficou propício a ferrugem. O ferro metálico, doou seus elétrons (equação 9) promovendo a redução do gás oxigênio (O_2) (equação 10), que em solução transforma-se em hidróxido de ferro III, $Fe(OH)_3$, conforme apresenta a equação global 11.



5.4.3. Prática 3: Metal de sacrifício

Os itens do kit que são utilizados para realizar os procedimentos desta prática são dois pregos novos, do tipo aço polido com cabeça (2,4 x 20 mm) (**e**); dois copos descartáveis de 50mL, transparente (**f**); uma fita de papel alumínio (1 x 5 cm) (**n**); 5 cm de fio de cobre (1x1 mm) (**m**). Os comprimentos e espessuras do fio de cobre e do papel alumínio foram padronizados após serem testados.

Para esta prática foram montados dois sistemas. Foi possível observar, após 24h do início da prática, que o sistema onde o prego foi enrolado em papel alumínio, não houve corrosão do ferro, diferente do que aconteceu com o prego enrolado no fio de cobre, que sofreu corrosão.

A explicação para o fato observado pode ser concluída ao analisar os potenciais de redução de cada um destes três metais, representado na tabela 16 que apresenta os potenciais de redução destes materiais.

Tabela 16: Potencial padrão de redução (E°)

Semirreações de redução	E° em volts (V)
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+ 0,34 V
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	- 0,44 V
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	- 1,66 V

Observa-se que o potencial de oxidação do alumínio é maior que do ferro, isso permite que ele tenha preferência em oxidar no lugar dele, portanto, o alumínio funciona como um metal de sacrifício e em contrapartida o cobre não possui a mesma função.

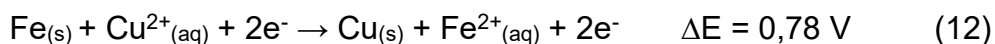
5.4.4. Prática 4: Pilha voltaica

Para realizar esta atividade prática são necessários seis copos descartáveis de 50mL, transparente (**f**); 5 cliques de metal para papel (**i**); 1 copo descartável de duzentos mililitros (200mL) transparente, calibrado para 120mL, aproximadamente (**d**); 3g de cloreto de sódio (NaCl), encontrado no sal de cozinha (**j**), 5 pedaços de fio de cobre flexível (1x1mm), sem cobertura de 1 cm em cada extremidade, medindo 7 cm cada (**k**); 1 circuito com uma lâmpada de LED, retirado de “pisca-pisca” (**l**).

Para produção da energia neste sistema, foi necessário a existência de dois polos com diferentes potenciais (o ferro presente no clipe de papel e o cobre) e um fio condutor. Para que esta transferência de elétrons fosse possível, a solução eletrolítica de cloreto de sódio funcionou como uma ponte, permitindo a movimentação dos elétrons nas células voltaicas.

O tamanho do fio condutor foi testado e padronizado, pois nem o comprimento e nem a espessura encontraram resistência elétrica, de acordo com a Segunda Lei de *Ohm*, que afirma que quanto maior o comprimento e menor a espessura maior a dificuldade da corrente passar.

A reação observada em cada célula voltaica, pode ser representada pela equação global 12.



Ao analisar esta equação, pode-se inferir que o eletrodo de ferro, polo negativo (ânodo), perde elétrons e conseqüentemente sofre a oxidação. E o eletrodo de cobre, polo positivo (cátodo), sofre a redução, isto é, recebe os elétrons.

Este processo na teoria, gera 0,78 V de energia, porém na prática, como as condições não obedeceram às condições padrão da IUPAC, a energia gerada foi de 0,61 V, aproximadamente, em cada célula, conforme apresenta a figura 15.

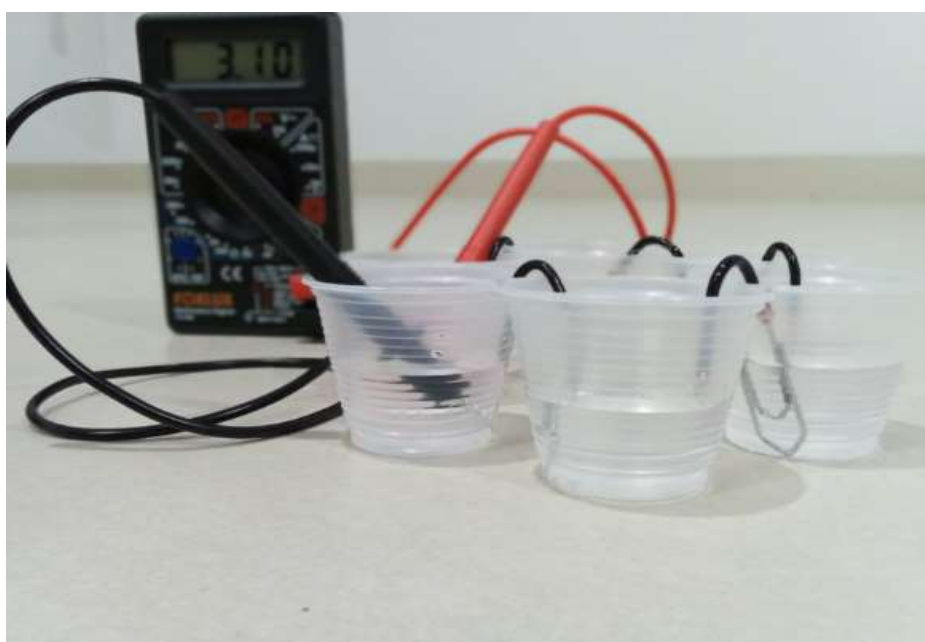
Figura 15: Energia gerada em cada célula voltaica



Fonte: Autora

Como a primeira pilha gerou uma quantidade de energia que não foi suficiente para acender a lâmpada de LED de alto brilho cristalino, que necessita no mínimo de 3 volts, outras pilhas foram sendo ligadas em série até obter uma quantidade adequada de energia, conforme a figura 16.

Figura 16: Energia gerada nas pilhas ligadas em série



Fonte: Autora

5.5. Análise da aplicação remota e presencial

No ano de 2021, as escolas estaduais em Minas Gerais estavam funcionando em formato remoto. Um período atípico onde atingir o interesse e o aprendizado dos alunos, foi um grande desafio. Era necessário estimular a participação deles nas atividades do PET propostas pela SEE e nas atividades complementares, elaboradas pelos professores de cada conteúdo.

Pensando em como realizar esta ação e prevenir futuras evasões, os primeiros roteiros experimentais acompanhados do Kit, foram aplicados como atividade complementar, pois a SD ainda estava em processo de construção. A intenção da aplicação piloto era resgatar o interesse dos alunos para o aprendizado significativo.

As impressões deixadas pelos estudantes foram positivas. Eles sentiram-se motivados em realizar as atividades complementares. Na ausência dos gestos no discurso escolar durante a pandemia, que é considerado o principal modo de comunicação e construção dos sentidos (PICCININI, MARTINS 2004), a experimentação realizou uma importante função de criar um ambiente favorável à aprendizagem, pois se os gestos possuem o papel de representar as situações imaginadas pelos alunos para a construção do conhecimento, a experimentação neste período favoreceu o aprendizado de maneira concreta.

Os alunos gostaram de receber os roteiros em suas casas. Eles sentiram-se importantes e acharam que a leitura deste material foi de fácil compreensão. Suas impressões positivas e até as negativas contribuíram para dar continuidade a construção deste produto educacional.

O ensino remoto foi a opção mais viável no período pandêmico, porém não substitui o vínculo presencial, principalmente pela heterogeneidade da capacidade intelectual observada no dia a dia. Portanto após o retorno presencial, em 2022, com o produto educacional mais estruturado, uma nova aplicação foi realizada.

Na aplicação presencial, ficou viável explorar mais as atividades práticas, pois com a ajuda das questões problematizadoras e com os questionamentos dos alunos, extraiu-se impressões positivas que auxiliaram no aprendizado. Cada resposta dada e discutida alicerçava a base do conhecimento.

Foi possível explorar vários ambientes da escola, fora da sala de aula tradicional, trazendo motivação para a realização das atividades. As aulas práticas foram

realizadas no laboratório de ciências e na sala de informática, onde os alunos tiveram a oportunidade de manusear pela primeira vez, um simulador virtual que apresentava os conceitos de pilha, pelos princípios da Pilha de Daniell.

Difícil é fazer uma comparação entre as aplicações remota e presencial, porque as situações de cada uma foram bem diferentes, porém foi possível recolher a maior contribuição delas, que é o empenho dos alunos em realizar as atividades práticas com satisfação, levando-os a realidade que o ambiente escolar precisa oportunizar ao estudante, como afirma Ausubel (1973), quando escreve sobre o sentido significativo do aprendizado, que precisa ir além da memorização de um conteúdo para fazer sentido.

É plausível afirmar que cada vez que este produto educacional foi aplicado, as impressões deixadas pelos estudantes contribuíram muito para o aperfeiçoamento do material. Isso encontra uma ressonância com o método Montessori, pois a melhoria do material não foi realizada por acaso, veio de uma observação direta, sem prejuízo para a execução da SD.

É factível utilizar este produto educacional para o ensino da eletroquímica no Ensino Médio, dentro do planejamento pedagógico, pois ele foi testado e cumpriu com o prazo estabelecido pela SEE-MG para aplicação deste objeto do conhecimento.

Este material não foi elaborado apenas para aumentar a interação nas aulas, ele foi criado para um aprendizado significativo da eletroquímica e para facilitar o trabalho do professor na preparação de suas aulas, pois o planejamento já está pronto, basta cada professor analisar suas possibilidades de aplicação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a leitura dos artigos, observou-se que as práticas experimentais funcionam como uma grande aliada no processo de ensino. Por meio das análises, seguindo o método MAECC®, constatou-se que as três abordagens estudadas: demonstração, verificação e investigação, possuem potencialidades que favorecem uma aprendizagem significativa e que os desafios encontrados, podem ser superados pela escolha da abordagem certa para a turma certa. Esta escolha parte do bom senso do professor que precisa levar em consideração as habilidades que a turma domina e até onde ele pode explorar. Para obter êxito na aplicação da metodologia, vale reforçar que o educador precisa ter bom planejamento, pois dentro de uma mesma sala, há alunos que têm mais dificuldades que outros e nada impede que o mesmo faça propostas diferentes. Com isso concluiu-se que a experimentação pode atingir todo tipo de aluno, permitindo-os interagir e participar de forma mais ativa no processo de aprendizagem.

Sobre os recursos didáticos materiais, muitas vezes os professores ficam na expectativa de um laboratório super equipado para começar a colocar em prática a experimentação como ferramenta didática de ensino, porém isto não pode tornar-se impedimento para a execução das atividades. A maioria dos artigos analisados são apresentados com materiais simples, de fácil aquisição e nem todos foram realizados em laboratório, portanto verificou-se que houve construção do conhecimento.

Durante as aplicações do produto educacional, foi possível recolher as impressões positivas dos alunos sobre as práticas experimentais. Mesmo sendo no período de pandemia, que privou o estudante do convívio escolar, no decorrer de cada atividade experimental realizada em suas casas, habilidades cognitivas e motivacionais puderam ser notadas.

As atividades experimentais para o ensino de Química têm um grande papel na aprendizagem significativa e os resultados obtidos evidenciam que esta prática metodológica continua sendo muito interessante, como defendem muitos pesquisadores. O grande desafio é que os alunos percam a concepção de que a Química é uma ciência abstrata e sem relação com o seu cotidiano, pois este entendimento é o que causa desinteresse fazendo deste um conteúdo difícil de aprender. Uma forma de melhorar esta visão é trabalhando com materiais concretos que podem ser

didaticamente mais significativos. Este foi um excelente recurso utilizado neste trabalho. Partindo de uma visão construtivista, o Kit experimental permitiu a interação do sujeito com o objeto concreto.

O uso da prática experimental não foi somente com o intuito de facilitar a aprendizagem, mas também como uma ferramenta para ajudar no entendimento dos conceitos e formar o aprendizado significativo da eletroquímica. Sabemos que nenhuma prática atinge cem por cento dos alunos, mas é certo que quando há o empenho do professor em desenvolver novas estratégias de ensino os estudantes se envolvem mais e isso favorece o aprendizado.

Conforme foi dito no início deste trabalho, o objetivo dele foi contribuir para a aprendizagem significativa, porém não foi validar a metodologia de ensino. Este pode ser um objetivo para trabalhos futuros. Contudo, foi notável o aumento do interesse dos alunos pelas aulas de Química, que nos permitiram uma conversa sobre como acontece o conhecimento científico e que os saberes das Ciências estão em constante construção.

Durante as discussões propostas após cada prática experimental, os alunos conseguiram compreender que os fenômenos eletroquímicos são de natureza microscópica e que os materiais concretos os ajudaram a compreender os conceitos abstratos deste objeto do conhecimento.

Mediante estudo, pode-se considerar que a experimentação é uma prática comum entre professores de Química, mas utilizá-la por si só, não vai resolver o problema do processo de ensino-aprendizagem da eletroquímica, porém ela pode funcionar como uma ferramenta possível de ser desenvolvida e melhorar o aprendizado, desde que tenha a participação dos alunos durante a montagem, construção, discussão e reflexões dos fenômenos químicos envolvidos no processo.

Assim, concluiu-se que as práticas experimentais tanto as apresentadas nos artigos estudados, como a planejada, aplicada e adaptada à realidade dos alunos, contribuíram para a compreensão de fenômenos como o da ferrugem, pilhas e eletrólise, que a eletroquímica propõe-se explicar. Ela possibilitou ao aluno relacionar os conceitos aplicados com seu cotidiano, tornando-se cidadãos mais críticos no meio em que está inserido, pois de nada adianta a execução de atividades práticas nas aulas se estas não fornecem embasamento teórico para a discussão no contexto real do aluno.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. V.; ZIMMER, C.G. **Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.43, n.3, p. 298-304, ago. 2021.
- ARAÚJO, E. S.; NASCIMENTO, J. L. B.; SILVA, J. C.; BIM, C. F. A. **O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil, v.12, n.3, 2021. Disponível em: <<http://portal.amelica.org/ameli/journal/509/5092220023/html/>> Acesso em 20 out. 2021.
- ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.25, n. 2, 2003.
- ARROIO, A.; GIORDAN, M. **O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino**. Química Nova na Escola, v -, n.24, p. 8-11, 2006.
- ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965p.
- BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. **Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos**. Química Nova na Escola. São Paulo – SP, v.39, n.1, p. 52-58, 2017.
- BATISTA, R. C.; OLIVEIRA, J. E.; RODRIGUES, S. F. **Sequência Didática– Ponderações Teórico-Metodológicas**. In: ENDIPE, 18, p.5380 – 5385, 2016.
- BRASIL. CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução Nº 401, de 04 de novembro de 2008. Brasília, DF, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Resolução Nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB. 2018.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. **Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental**. Química Nova na Escola, São Paulo - SP, v-, n.11, p.3-9, 2000.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9ª ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2005.
- BUCKINGHAM, D. **Cultura digital, educação midiática e o lugar da escolarização**. Educação e Realidade, Porto Alegre - RS, v.35, n.3, p.37-58, set./dez. 2010.

CARDOSO, T.; ALARCÃO, I.; CELORICO, J. **MAECC®: um caminho para mapear investigação**. Rev. Tecnologia da Informação em Educação: Indagatio Didactica, v. 5, n.2, p.289-299, 2013.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. **Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir dos periódicos Qualis A**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.11, n.3, p.185-208, 2011.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. **Explorando a motivação para estudar Química**. Química Nova, v. 23, n.2, p. 401- 404, 2000.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI)**. In: *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia: MG: EDUFU. 2011.

CARVALHO, A. M. P. C; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. 1.ed. São Paulo: Scipione, 1998, 199p.

CARVALHO, D. M.; DIONÍZIO, D. P.; DIONÍZIO, T. P. **Poluição Química Proveniente Do Descarte Incorreto De Pilhas E Baterias**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, ed. 05, v.04, p.141-165, mai. 2019.

CHURCH, K.; OLIVEIRA, R. **What's up with WhatsApp? Comparing Mobile Instant Messaging Behaviors with Traditional SMS**. Collaboration and Communication. Munich, Germany, v-, n-, p.352-361, ago. 2013. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~oliveira/doc/MHCI2013_Whats-up-with-whatsapp.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

COELHO, L. M.; MARQUES, A. J.; SOUZA, D. G. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História**. Educação Pública, v.19, n.31, p-, 2019. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/31/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-e-o-ensino-de-historia>>. Acesso em: 15 out. 2020. ISSN: 1984-6290

COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010, 365p.

COSTA, M. C. S.; PORTO, P. A. **A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 38, n.3, p.1650-1673, dez. 2021.

CRUZ, D. **Ciências & Educação Ambiental - O meio ambiente**. Química e Física – 19 ed. Ática. 1998, 247p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 4.ed. São Paulo: CORTEZ, 2011.

DINIZ, B. P.; ALVES, A. S.; LEMES, L. C.; SILVA, L. A.; ALVES, V. A. **Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.42, n.1, p.77-87, fev. 2020.

ESPERIDIÃO, Y. M.; NÓBREGA, O. **Os metais e o homem**. São Paulo: Ática, 2008.

FRANCISCO JUNIOR, W. E; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. **Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências**. Química Nova na Escola, v-, n.30, p.34-41, nov. 2008.

FELTRE, R. 1928 - **Química/ Ricardo Feltre** — 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 33 ed. São Paulo: Paz e terra, 1997.

GALIAZZI, M.C; ROCHA, J. M. B. SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; Giesta, S.; GONÇALVES, F. P. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química Nova na Escola. Experimentação e Ensino de Ciências, v-, n.10, p.43-49, 1999.

GOMES, A. D. S. **O uso de software de simulação no ensino da eletroquímica na química do ensino médio**. Revista Docente, v-, n-, p.43-52, 2019.

GODOY, A. S. **Uma revisão histórica dos principais autores e obras que refletem esta metodologia de pesquisa em Ciências Sociais**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.35, n.2, p.57-63 mar./abr. 1995.

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, 2009.

GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L. **A experimentação e a pilha de Daniell numa abordagem demonstrativa-investigativa**. Revista Ciências & Ideias, v.9, n.3, p.195-212, set./dez. 2018. ISSN 2176-1477.

HALFEN, R. A. P. et al. **Experimentos químicos em sala de aula utilizando recursos multimídia: uma proposta de aulas demonstrativas para o ensino de Química Orgânica**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.19, n.2, p. 270-294, 2020. Disponível em: <<http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/35>>. Acesso em: 24 jul. 2021.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico Del trabajo de laboratorio**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.12, n.13, p.299-33. 1994.

JÚNIOR, O. G. A. **Módulo II: o planejamento de ensino**. (Belo Horizonte, online) 2017, v-, n-, ISSN 25261126. Disponível em: <http://rbeducacaobasica.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2019/11/Modulo-II_planejamneto-do-ensino_Orlando-Aguiar.pdf> Acesso em: 21 out. 2022.

JUNIOR, W. E. F.; SANTOS, R. I. **Experimentação mediante vídeos: concepções de licenciandos sobre possibilidades e limitações para a aplicação em aulas de química.** Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, v.4, n.2, p.105-125, 2011.

LEAL, R. R.; SCHETINGER, M. R. C.; PEDROSO, G. B. **Experimentação investigativa em eletroquímica e argumentação no ensino médio em uma escola federal em Santa Maria/RS.** Revista de Ensino de Ciência e Matemática, v.10, n.6, p.142-162, 2019.

LEÃO, A. F. C.; GOIL, M. E. **Revisão de literatura sobre a experimentação investigativa no ensino de ciências.** Comunicações Piracicaba, v.28, n.1, p.315-345. 2021.

LEITE, B. S.; **Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro.** Scientia Naturalis, v.1, n.3, p. 326-340, 2019.

LIMA, J. O. G. **Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química.** Revista Espaço Acadêmico, v.12, n.136, p.95-101, 2012.

_____. **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.

LIMA, K. E. C. **Discurso de professores e documentos sobre o experimento no CECINE (Centro de Ensino do Nordeste) nas décadas de 1960 e 1970.** 2015. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/16014/1/Tese%20Kenio%20Lima%202015%20-%20VERS%c3%83O%20IMPRESS%c3%83O.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2021.

LISBOA, J. C. F. **QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química.** Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v. 37, n. 2 (especial), p. 198-202, 2015.

MAIATO, A. M. **Neurociências e aprendizagem: O papel da experimentação no ensino de ciências.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2013. Disponível em: < <http://www.argo.furg.br/bdtd/0000010371.pdf>>.

MARTINS, A. N. A.; LEITE, C. P.; MARTINS, J. J. A.; SILVA, G. N.; ARAÚJO, G. T. **Descarte de pilhas e baterias: a problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNLD 2015 para o conteúdo de eletroquímica.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal - PB, v.9, n.5, p.31-35, dez. 2014.

MEYER, A. L; GONÇALVES, F.R.; HUSSEIN, S. **Jogo tabuleiro redox: um recurso pedagógico educacional para aprender eletroquímica investigando suas concepções alternativas.** In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação - SEED/PR. Cadernos PDE: Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor. Curitiba, v.1, n.1, p.1-29, 2016.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I.C.; MAINIER, F. B. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Química Nova na Escola, v-, n.19, p.11-14, 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Educação (SEE) - **Orientações a respeito do Conexão Escola 2.0** Memorando-Circular n.6/2021/SEE/SB, de 26 de março de 2021.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MODES, C. G.; CERQUEIRA, J. B. S. **A iniciação científica na educação básica à luz das Teorias de Montessori**. Avanços & Olhares, v-, n.6, p. 14-31, 2021. Disponível em: <<https://revista.institutoiesa.com/wp-content/uploads/2021/03/artigo-1-6.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MONTESSORI, M. **A formação do homem**. Tradução de Eunice Arroxelas. Rio de Janeiro: Internacional Portugália Ed. Brasil, 1985.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes Ltda, 1982.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1, n.3, p.25-46, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

MOURA, S. R.; MELO, D. M. D.; CASTRO, L. C.; PAIXÃO, J. F. P.; VIEIRA, T. S. **Principais Motivos pelo pouco Interesse no Estudo de Ciências na Concepção de Estudantes do Ensino Médio em Escolas Estaduais de Araguatins/TO**. VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas/ Tocantins, 2012.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Química. v2: ensino médio** – Curitiba: Positivo, 2016.

OLIVEIRA, J. R. S. **A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química**. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.3, n.3, p.25-45, 2010.

_____. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente**. In: Acta Scientiae, v.12, n.1, p. 139-156, jan./jun. 2010.

OKI, M. C. M. **A eletricidade e a Química**. Química Nova na Escola, v-, n.12, p. 34-37, nov. 2000.

PICCININI, C.; MARTINS, I. **Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos**. Ensaio, Belo Horizonte, v. 6, n.1, p.24-37, jan./jun. 2004.

PINHO, S. T.; ALVES, D. M.; GRECO, P. J.; SCHILD, J. F. G. **Método situacional e sua influência no conhecimento tático processual de escolares**. Motriz: Revista de Educação Física. Rio Claro, v.16, n.3, p. 580-590, jul./set. 2010.

PEREIRA, C. L. **Piaget, Vygotsky e Wallon: Contribuições para os estudos da linguagem**. Psicologia em Estudo, Maringá, v.17, n.2, p. 277-286, abr./jun. 2012.

POZO, J. I. CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009.

PRADO, L.; WESENDONK, F. S. **Objetivos de utilização da experimentação presentes em produções acadêmico científicas publicadas nos anais de um evento da área de ensino de ciências**. ACTIO, Curitiba, v.4, n.2, p.148-168, mai./ago. 2019.

RÖHRS, H. **Maria Montessori**. Hermann Hörs; tradução: Danilo Di Manno de Almeida, Maria Leila Alves. – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, (Coleção Educadores). Editora Massangana, 2010. 142p.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. **Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica**. Química Nova na Escola, v.31, n.3, p.190-197, 2009.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. **Aprendizagem Ativa-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica**. Revista Química Nova na Escola, v.40, n.4, p.258-266, 2018.

SANTOS, A. T.; TAMIASSO-MANTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; AGOSTINHO, S. M. L. **Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v.1, n.3, p.209-219, 2019.

SANTOS, L. R.; MENEZES, J. A. **A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios**. Revista eletrônica Pesquiseduca. Santos, v.12, n.26, p.180-207, 2020. Disponível em:< <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940/pdf>>. Acesso em: jan. 2021.

SANTOS, M. D.; NAGASHIMA, L. A. **Potencialidades das atividades experimentais no ensino de Química** – Revista de Ensino de Ciência e Matemática, v.8, n.3, p.94-108, 2017.

SANTOS, R. I.; SANTOS, S. P.; NERES, M. S.; OLIVEIRA, A. C. G. JUNIOR, W. E. F. **Experimentação mediante vídeos: possibilidades e limitações para a aplicação em aulas de Química**. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil – 21 a 24 de julho de 2010.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Função Social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?** Química Nova na Escola: Química e Cidadania. v-, n. 4, p.28-34, 1996.

SANTOS, V. G.; ZANOTELLO, M. **Ensino de Ciências e Recursos Tecnológicos nos Anos Iniciais da Educação Básica.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v-, n-, p.683-708, 2019.

SARTORI, E. R.; SANTOS, V. B. TRENCH; A. B.; FATIBELLO-FILHO, O. **Construção de Uma Célula Eletrolítica para o Ensino de Eletrólise a Partir de Materiais de Baixo Custo.** Química Nova na Escola, v-, n.2, p.107-111, 2013.

SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas.** Química Nova, São Paulo, v.25, supl.1, p.14-24, 2002.

_____. **Construção do conhecimento e ensino de ciências.** Em aberto, Brasília, ano 11, v-, n. 55, p. 17-22, jul./set. 1992.

_____. **Construção do conhecimento e ensino de ciências.** Em aberto, Brasília, ano 11, v-, n. 55, p. 17-22, jul./set. 1992., apud AUSUBEL *et. al.* 1976.

SILVA, J.N.; AMORIM, J. S.; MONTEIRO, L. P.; FREITAS, K. H. G. **Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem.** Scientia Plena, v.13, n.1, p.1-11, 2017.

SILVA, C. C.; FERRI, K. C. F. **Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.5, p.27641-27655, mai. 2020. ISSN 2525-8761.

SILVA, G. M. L.; NETTO, J. F. M. **Um relato de experiência usando Google Sala de Aula para apoio à aprendizagem de Química.** In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação/ Workshop de Informática na Escola, 7, 2018. anais Fortaleza: CBIE/WIE, 2018. Disponível em: <<http://doi.org/10.5753/cbie.wie.2018.119>>. Acesso em: 13 out. 2022. p. 119-128.

SILVA, A. C. C. Q.; OLIVEIRA, B. M. M.; MAGALHÃES, F. G. R.; NASCIMENTO, F. M. G.; GIRÃO, J. S.; ALMEIDA, J. W.; PORTELA, R. R. **A experimentação no foco da aprendizagem: ensinando eletroquímica de forma fácil e barata.** Conexões, Ciências e Tecnologia. Fortaleza/CE, v.13, n.1, p.8 - 14, mai. 2019.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O.; AQUINO, K. A. S. **Conexões entre cinética e eletroquímica: a experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa.** Química Nova na Escola, v.38, n.3, p.237-243, 2016.

SILVEIRA, M. M. S., LIMA, R. H.; BERNARDES, G. S., ALVES, V. A.; SILVA, L. A. **Células eletrolíticas e a combustível confeccionadas com materiais alternativos para o ensino de eletroquímica.** Química Nova, v.44, n.1, p.118-127, 2021.

SOARES, L. V.; COLARES, M. L. I. S. **Educação e tecnologias em tempos de pandemia no Brasil**. Debates em Educação, Maceió, v.12, n.28, p.19-41, set./dez. 2020. ISSN 2175-6600.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. Ciência & Cognição. v. 14, n-, p. 50-74, 2009.

TICIANELLI, E. A. GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica: princípios e aplicações**. São Paulo: Imprensa Oficial, 1998. Disponível em<https://books.google.com.br/books?id=xxvO1eQUTr8C&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> Acesso em 10 de março de 2021.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. **O bicentenário da invenção da pilha elétrica**. Química Nova na Escola, v-, n. 11, p. 35-39, 2000.

VALADARES, J. **A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista**. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review, v.1, n.1, p. 36-57, 2011.

VILLULLAS, H. M.; TIACINELLI, E. A.; GONZÁLES, E. R. **Células a combustível**. Revista Química Nova na Escola, v-, n.15, maio 2002.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 224p.

ZUCCO, C. **Química para um mundo melhor**. Química Nova, v.4, n.5, p.733, 2011.

ZULIANI, S. R. Q. A.; BOCANEGRA, H. C.; GAZOLA, R. J. C.; MARTINS, D. S.; MELO, D. F. **O experimento investigativo e representações de alunos de ensino médio: obstáculos epistemológicos em questão**. Educação: Teoria e Prática, v. 22, n.40, p. 100-113, mai./ago. 2012.

APÊNDICE

Produto Educacional

Sequência Didática:

**o ensino significativo da eletroquímica
por meio de práticas experimentais e simulação virtual no
Ensino Médio**



Elaine de Oliveira Marçal

Contato: marcalelaine@gmail.com

Deyse Gomes da Costa - Orientadora

SUMÁRIO

Apresentação	107
Objetivos	110
Módulo I – Introdução à eletroquímica	111
Módulo II – Importantes conceitos eletroquímicos	112
Módulo III – O problema da corrosão e o metal de sacrifício	113
Módulo IV – Princípio de funcionamento das pilhas e baterias	114
Módulo V – Eletrólise	116
Módulo VI – Descarte consciente de pilhas e baterias	118
Avaliação dos Módulos	119
Materiais didáticos produzidos durante a elaboração da SD	120
1 - Construção do Kit experimental	120
2 - Roteiros para aulas práticas experimentais	123
2.1 – Roteiro do “Simulador Virtual adapto”	123
2.2 – Roteiro da prática “Medindo a tensão de pilhas e baterias”	126
2.3 – Roteiro das práticas “Kit experimental”	128
2.3.1 – Prática 1: Mudando de cor	128
2.3.2 – Prática 2: Corrosão do Ferro	129
2.3.3 – Prática 3: Metal de sacrifício	131
2.3.4 – Prática 4: Pilha voltaica	132
2.4 – Roteiro da prática “Eletrodeposição de cobre”	135
Descarte dos resíduos	137
3 – Lista de exercícios do ENEM (2016-2020)	138
4 – Dicas sobre “ferramentas digitais”	143
4.1 – O que você vai encontrar?	143
Referências bibliográficas	145
Anexos	147
1- Tabela Periódica	147
2- Tabela com os principais NOX	148
3- Tabela de potencial de redução padrão	149

APRESENTAÇÃO

A Sequência Didática (SD) é o desenvolvimento de um conteúdo de forma organizada, contendo atividades em sequência (ZABALA, 1998) e ainda como afirma Batista, Oliveira e Rodrigues (2016, p. 5383):

[...] a sequência didática deve ser desenvolvida na perspectiva do ensino de conteúdos através de atividades sequenciadas, organizadas com objetivos bem definidos e esclarecidos para os professores e alunos, que contribuirão para a aprendizagem e construção do conhecimento e de novos saberes.

Ao elaborar este “conjunto de atividades articuladas entre si, que permite ao estudante refletir sobre os conteúdos” (ZABALA, 1998, p. 18), define-se os distintos papéis dos professores e alunos no processo, pois as relações que se estabelecem entre eles e os conteúdos de aprendizagem, determina a solução de todo ensino.

Para elaborar esta SD, foram utilizados livros, apostilas, além dos artigos científicos que abordavam a experimentação como ferramenta metodológica, analisados pelo Meta-modelo de Análise e Exploração do Conhecimento Científico® (MAECC®), visando um embasamento teórico e prático.

Este material foi construído para desenvolver uma estrutura de ensino de eletroquímica para um aprendizado significativo e consequentemente, atender às expectativas da Base Nacional do Currículo Comum (BNCC), um documento nacional que além de garantir a equidade e igualdade dos currículos em qualquer parte do país, chama a atenção para a educação integral do aluno (BRASIL, 2018).

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Educação (CNE), de 21 de novembro de 2018, que atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, a educação integral do aluno

[...] é o desenvolvimento intencional dos aspectos físicos, cognitivos e socioemocionais do estudante por meio de processos educativos significativos que promovam a autonomia, o comportamento cidadão e o protagonismo na construção de seu projeto de vida” (BRASIL, 2018, p. 2).

Sendo a eletroquímica um tema rico em conceitos químicos, que instiga o interesse e curiosidade dos estudantes, foram utilizados vários experimentos, para

que na prática o aluno pudesse refletir sobre os conteúdos que estavam sendo aplicados, elaborar hipóteses, confirmar ou refutar, desenvolvendo desta forma um aprendizado significativo.

A SD foi desenvolvida em seis módulos e cada módulo com um número de aulas específicas para a realização das atividades propostas, totalizando em 12 aulas de cinquenta minutos cada. Ela pode ser aplicada em diferentes espaços da escola com o intuito de explorar a contribuição que cada ambiente oferece ao processo de ensino-aprendizado.

É composta da definição de eletroquímica, dos conceitos essenciais para entender as reações de óxido-redução, corrosão do ferro, pilhas e eletrólise. Apresenta também um módulo que propõe a discussão para os impactos ambientais causados pelo descarte de pilhas e baterias de maneira indevida e uma seleção de questões do ENEM com a resolução, referentes aos anos de 2016 a 2020, que podem ser aplicados como sugestões de atividades durante as aulas.

Para desenvolver estes conceitos, roteiros de práticas experimentais foram propostos. Estes roteiros foram desenvolvidos para direcionar os procedimentos práticos que podem ser realizados pelo professor e/ou aluno.

Todos os roteiros são compostos de introdução, materiais, procedimentos e questões problematizadoras, (com sugestões de respostas), que servem para fazer uma leitura do contexto experimental e estimular o diálogo entre alunos e aluno-professor para o aprendizado significativo. Pesquisas na internet e em livros didáticos são permitidos para que os alunos possam fundamentar suas respostas na literatura.

Aos roteiros das práticas do “Kit experimental”, acrescentou-se uma lista de materiais de fácil acesso para a montagem de um Kit. Este tem a finalidade de envolver de maneira positiva o aluno, exigindo mais esforço cognitivo para atingir um aprendizado significativo, segundo os pressupostos de Montessori, em concordância com Moreira (2011).

Nesta SD, também consta um roteiro para o uso de um simulador virtual encontrado no NOAS®, Núcleo de Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Significativa, pertencente e disponível gratuitamente no site do sistema de ensino CNEC¹⁶.

Vale ressaltar que o uso da simulação virtual, pode apresentar-se como uma oportunidade nova para aperfeiçoar as práticas de ensino em ambientes virtuais,

¹⁶ <https://www.noas.com.br/>

tornando as aulas mais atrativas e favoráveis ao aprendizado, pois sua maior contribuição é a participação efetiva dos estudantes durante as aulas, sendo seguindo um roteiro ou mediante comandos do professor (ARAÚJO *et al.*, 2021).

A utilização de material concreto para o compor o kit experimental dos roteiros das práticas do “Kit experimental” proposto nesta SD, foi embasado no método Montessori conforme dito. Esta proposta de aprendizagem fundamenta-se na ideia de que toda criança tem capacidade de aprender espontaneamente através das experiências que adquire ao vivenciar a prática (MONTESSORI, 1985).

É importante ressaltar que a experimentação aqui proposta, não será utilizada para facilitar a aprendizagem, mas como uma forma de “abrir a mente” para os conceitos e sim formar o aprendizado.

Todo o material construído e utilizado para aplicação desta SD, como **slides; resolução das questões do ENEM (2016-2020); sugestões de respostas para as questões problematizadoras; algumas ferramentas digitais, dentre outros**, podem ser acessados por meio de um link que direciona ao drive deste produto educacional. Para localizar, basta verificar a nota de rodapé durante a leitura do material.

Esta SD deverá ser utilizada como um suporte para as aulas que envolvem a eletroquímica, portanto,

(...) cabe ao professor perceber a importância do processo de planejamento e elaboração de registros relativos à atividade experimental proposta, buscando a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade. (GAZOLA *et al.*, 2011, p.3)

OBJETIVOS

GERAL

Investigar e construir os conceitos fundamentais de eletroquímica, por meio da experimentação, para um aprendizado significativo, com base em alguns pressupostos de Montessori, que permite a construção do conhecimento por meio da tentativa, acerto e erro com materiais concretos.

ESPECÍFICOS

- Relacionar o movimento dos elétrons entre as espécies químicas;
- Compreender o princípio básico de funcionamento das pilhas e baterias;
- Consultar tabelas de potencial eletroquímico para fazer previsões da ocorrência das transformações eletroquímica espontâneas;
- Compreender o processo de corrosão do ferro e a função de um metal de sacrifício, além de entender os problemas ambientais e econômicos causados pela corrosão;
- Compreender os princípios básicos de funcionamento da eletrólise;
- Conhecer o impacto ambiental gerado pelo descarte de pilhas e baterias no ambiente.

MÓDULO I - INTRODUÇÃO À ELETROQUÍMICA

Aula 1 – Tudo se transforma: Pilhas e Baterias

Tempo estimado: 1 aula

Tema: introdução ao estudo da eletroquímica

Objetivo: motivar o aprendizado da eletroquímica

Recursos didáticos: televisão e um pendrive contendo um vídeo do *Youtube®*:

“Tudo se transforma: Pilhas e Baterias”.

Metodologia: apresentar o vídeo, que demonstra de maneira bem didática como a eletroquímica está presente em nosso cotidiano.



O vídeo pode ser localizado na plataforma do *Youtube®*, através do link que se encontra no rodapé desta página.



17

Após a apresentação do vídeo, que dura em torno de doze minutos e vinte e sete segundos, algumas questões problematizadoras foram sugeridas com o objetivo de provocar uma discussão sobre a eletroquímica, levando em consideração o que eles absorveram de significativo no vídeo.



18

- 1 - Como as pilhas produzem corrente elétrica?
- 2 - Você acha possível hoje, viver sem as pilhas e baterias?
- 3 - Qual a influência das pilhas na revolução industrial?

¹⁷ https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_ltu-8

¹⁸ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpsza6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>

4 - Você consegue dimensionar os aspectos negativos que o descarte incorreto de pilhas e baterias pode ocasionar na natureza e na saúde humana?



Coletar as narrativas dos alunos e juntos definir eletroquímica.

MÓDULO II – DESENVOLVENDO OS CONCEITOS ELETROQUÍMICOS

Aula 2 – Princípios da eletroquímica

Tempo estimado: 1 aula

Tema: reações de oxirredução

Objetivo: apresentar conceitos essenciais para o aprendizado da eletroquímica.

Recursos didáticos: *datashow, notebook, slides, quadro e giz.*

Metodologia: através de uma abordagem expositiva e teórica, definir eletroquímica, reação de oxirredução, número de oxidação, agente oxidante e redutor.



Os slides desta aula estão disponíveis no link que se encontra no rodapé desta página.

19



Aula 3 – O fenômeno da reatividade espontânea

Tempo estimado: 1 aula

Tema: reações de óxido-redução

Objetivo: analisar a reatividade química entre o ferro e o sulfato de cobre.

Recursos didáticos: materiais da prática 1 incluída no roteiro “kit experimental”.

Metodologia: desenvolver a atividade prática sobre o fenômeno da reação de óxido-redução, utilizando os procedimentos da prática 1 do roteiro “kit experimental”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.

¹⁹ <https://drive.google.com/drive/folders/1L6ZRh2Aqsf0PEv6iAS6n6GZPi9LNt90C?usp=sharing>

MÓDULO III - O PROBLEMA DA CORROSÃO e O METAL DE SACRIFÍCIO

Aula 4 – Corrosão do ferro na prática

Tempo estimado: 1 aula

Tema: ambiente favorável a ferrugem.

Objetivo: construir um sistema que permite simular a reatividade do ferro na natureza utilizando materiais de fácil acesso; analisar a reatividade do ferro na presença da água e do oxigênio; compreender a importância do metal de sacrifício na conservação deste metal.

Recursos didáticos: os materiais das práticas 2 (dois) e 3 (três) incluídas no roteiro “kit experimental”.

Metodologia: atividade prática sobre o fenômeno da ferrugem, utilizando os procedimentos da prática 2 e 3, do roteiro “kit experimental”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.

Para saber mais e desenvolver a leitura, habilidades de interpretação e argumentação, foi proposto aos alunos a leitura complementar de um artigo: “Corrosão: Um exemplo usual de fenômeno químico”, disponível no site do Química Nova na Escola (QNEsc).



O artigo indicado nesta aula está disponível no link que se encontra no rodapé desta página.



20

Aula 5 – Discussão sobre a corrosão do ferro

Tempo estimado: 1 aula

²⁰ <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>

Tema: prevenção da ferrugem

Objetivo: desenvolver uma discussão sobre a corrosão do ferro (ferrugem); compreender a importância deste metal, o que acontece com ele quando exposto na natureza sem nenhuma proteção; discutir sobre a utilização do metal de sacrifícios como um recurso de proteção ao ferro para o desenvolvimento social, ambiental e econômico.

Recursos didáticos: práticas 2 e 3 do roteiro “kit experimental”.

Metodologia: discussão aberta colhidas das narrativas dos estudantes sobre o fenômeno da ferrugem, baseada nas questões problematizadoras proposta nos roteiros das aulas práticas aplicadas.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.



MÓDULO IV - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DAS PILHAS E BATERIAS

Aula 6 – Potencial Elétrico

Tempo estimado: 1 aula

Tema: potencial elétrico

Objetivo: desenvolver os conceitos essenciais para compreender o funcionamento de pilhas.

Recursos didáticos: *data show, notebook, slides, quadro e giz.*

Metodologia: através de uma abordagem expositiva e teórica, foram apresentados os conceitos de série de reatividade, potencial elétrico de eletrodo, eletrodo padrão de hidrogênio, tabela de potencial padrão e variação do potencial eletroquímico na reação.



Os slides desta aula estão disponíveis

no link que se encontra no rodapé desta página.

21

Aula 7 – Funcionamento das Pilhas

Tempo estimado: 1 aula

Tema: simulação virtual com a Pilha de Daniell

Objetivo: simular o funcionamento micro e macroscópico da Pilha de Daniell, através da simulação virtual, realizar a troca de soluções eletrolíticas, eletrodos e calcular as variações de potencial (ddp) nos diferentes sistemas que o aplicativo permite.

Recursos didáticos: computadores, aplicativo online de simulação virtual NOAS® e o roteiro prático do “simulador virtual adaptado”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.



Acesso ao simulador por meio do link que se encontra no rodapé desta página.



22



Aula 8 – Construindo uma pilha caseira

Tempo estimado: 1 aula

Tema: bateria

²¹ <https://drive.google.com/drive/folders/1L6ZRh2Aqsf0PEv6iAS6n6GZPi9LNt90C?usp=sharing>

²² <https://www.noas.com.br/ensino-medio/quimica/fisico-quimica/eletroquimica/pilha-de-daniell/>

Objetivo: construir uma pilha semelhante ao princípio de funcionamento da pilha de Volta, utilizando materiais de fácil acesso. Execução da prática pelo aluno, mediante roteiro experimental.

Recursos didáticos: materiais e roteiro da prática 4 incluída no roteiro “kit experimental”.

Metodologia: executar os procedimentos da prática 4, do roteiro “kit experimental”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.



Aula 9 – Tensão das Pilhas e Baterias

Tempo estimado: 1 aula

Tema: medindo a tensão das pilhas e baterias

Objetivo: verificar a voltagem das pilhas por meio de um voltímetro; entender o enfraquecimento de uma pilha à medida que sua tensão vai diminuindo.

Recursos didáticos: materiais e roteiro da prática “Medindo a tensão de pilhas e baterias”.

Metodologia: aula prática sobre a tensão de pilhas e baterias, seguindo os procedimentos do roteiro da prática “Medindo a tensão de pilhas e baterias”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.

MÓDULO V - ELETRÓLISE

Aula 10 – Eletrólise

Tempo estimado: 1 aula

Tema: eletrólise e seu universo microscópico

Objetivo: desenvolver os conceitos essenciais para compreender eletrólise.

Recursos didáticos: *data show*, *notebook*, *slides*, quadro e giz, internet.

Metodologia: mediante metodologia expositiva e teórica, desenvolver os principais conceitos de eletrólise como processo não espontâneo. Realizar a comparação entre eletrólise e pilhas, tipos de eletrólise e aplicação, dando ênfase na galvanoplastia. Para desenvolver um aprendizado significativo sobre a eletrólise e aprender diferenciar eletrólise ígnea de eletrólise aquosa, propõe-se uma viagem ao mundo microscópico destes fenômenos, através de dois vídeos localizados nos links que se encontram no rodapé desta página.



Os slides desta aula podem ser localizados nos *links* que se encontram no rodapé desta página.

25



Aula 11 – Galvanoplastia (eletrodeposição)

Tempo estimado: 1 aula

Tema: eletrodeposição de cobre

Objetivo: realizar a eletrodeposição de cobre sobre uma chave.

Recursos didáticos: os materiais e roteiro da prática de eletrodeposição de cobre.

Metodologia: atividade prática experimental sobre eletrodeposição, mediante roteiro “Eletrodeposição do cobre”.

Questões problematizadoras: utilizar as questões que estão no roteiro prático.

²³ Eletrólise ígnea:

https://drive.google.com/file/d/15Bfw6ECDqvTkCuotfpC6oNFq5TcWVSLO/view?usp=share_link

²⁴ Eletrólise aquosa:

https://drive.google.com/file/d/10bKS1qDJBEU9_rt8NAvJuXtXbtipw5hW/view?usp=share_link

²⁵ <https://drive.google.com/drive/folders/1L6ZRh2Aqsf0PEv6iAS6n6GZPi9LNt90C?usp=sharing>

MÓDULO VI - DESCARTE CONSCIENTE DE PILHAS E BATERIAS

Aula 12 – Descarte consciente

Tempo estimado: 1 aula de cinquenta minutos

Tema: descarte consciente de pilhas e baterias.

Objetivo: provocar a inquietação dos alunos sobre o descarte consciente das pilhas e baterias no meio ambiente.

Recursos didáticos: datashow, *notebook*, slides, artigos.

Metodologia: discussão aberta, em uma roda de conversa para falar sobre o descarte ecologicamente correto de pilhas e baterias alertando sobre os perigos que estes dispositivos podem causar no meio ambiente e na saúde humana.



26

1 - O que seria do mundo sem as pilhas e baterias?

2 - O que fazer com as pilhas e baterias usadas?



Para saber mais, uma leitura complementar foi proposta com o artigo: “Pilhas e Baterias: funcionamento e Impacto Ambiental” disponível no site do QNEsc. O link de acesso encontra-se no rodapé desta página.



27

Os slides desta aula estão disponíveis no link que se encontra no rodapé desta página.²⁸

²⁶ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpszA6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>

²⁷ <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>

²⁸ <https://drive.google.com/drive/folders/1L6ZRh2Aqsf0PEv6iAS6n6GZPi9LNt90C?usp=sharing>



A avaliação do aluno faz parte das práticas metodológicas e ela não pode ser utilizada como um “castigo”, mas como diagnóstico. Existem várias formas de avaliar estes módulos, porém a sugestão é que seja avaliada a participação nas atividades práticas, nas narrativas dadas às questões problematizadoras, na realização de textos individuais ou em grupo, mapas mentais ou conceituais, pois estes melhoram as redes neurais contribuindo para a aprendizagem significativa.

MATERIAIS DIDÁTICOS PRODUZIDOS DURANTE A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1. KIT EXPERIMENTAL

O “Kit experimental” foi desenvolvido com materiais simples, de baixo custo e de fácil aquisição. Os itens que compõem o kit estão representados na figura abaixo, identificados pelas letras de “a” a “m”:



Fonte: Autora

Ele é composto de uma caixinha de material reutilizado que serve para guardar todos os materiais necessários às práticas (a); 1 garrafinha contendo cinquenta mililitros (50mL) de uma solução de sulfato de cobre penta hidratado com concentração igual a 0,5 mol/L (b); $\frac{1}{2}$ do pedaço de uma palha de aço (c); 2 copos descartáveis de duzentos mililitros (200mL) transparente, sendo 1 dos copos calibrado para 120mL (d); 2 pregos novos, do tipo aço polido com cabeça (2,4 x 20 mm) (e); 8 copos descartáveis de 50mL, transparente (f); cinco mililitros (5 mL) de óleo de soja (g); 1 seringa de 10mL (h); 5 cliques de metal para papel (i); 3 g de sal de cozinha, contendo cloreto de sódio (NaCl) (j) ; 5 pedaços de fio de cobre flexível

(1x1mm), medindo 7cm cada, sem cobertura nas extremidades (**k**); 1 circuito com uma lâmpada de LED, retirado de “pisca-pisca” (**l**).

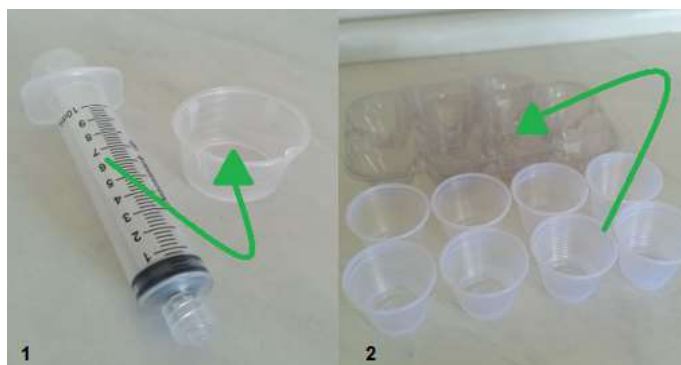
A construção de cada kit gerou um gasto simbólico. Os preços de cada item utilizado foram organizados em uma tabela:

Materiais	Preços
1 garrafinha plástica (50mL)	R\$ 1,45
8 copos descartáveis (50mL)	R\$ 0,30
2 copos descartáveis (200mL)	R\$ 0,15
1 seringa (10mL)	R\$ 1,20
Fio de cobre 1x1mm (35cm)	R\$ 0,45
2 pregos	R\$ 0,20
1/2 esponja de bombril	R\$ 0,12
4 g de sulfato de cobre penta-hidratado	R\$ 0,10
3 g de cloreto de sódio	R\$ 0,01
5 mL de óleo	R\$ 0,03
1 pisca-pisca	R\$ 0,20
6 cliques	R\$ 0,30
Soma	R\$ 4,51

Ao elaborar a SD, notou-se a necessidade de acrescentar ao Kit alguns materiais necessários para compor a prática do metal de sacrifício. Fizeram parte desta nova lista, 2 copos descartáveis (50 mL) (**f**); 2 pregos, do tipo aço polido com cabeça de 2,4 x 20 mm (**e**); um pedaço de fio de cobre flexível de 5 cm (**m**) e uma fita de papel alumínio (**n**) de 5 cm e 3 g de sal de cozinha contendo cloreto de sódio

(NaCl) (j). Ao kit foi agregado o valor de trinta e cinco centavos (R\$ 0,35), somando um valor total de cinco reais e quinze centavos (R\$ 4,86) para cada kit.

Como sugestão para deixar o kit experimental ainda mais acessível, a seringa pode ser substituída por copinhos de remédio de 10 mL (figura 1), os copinhos descartáveis de 50 mL podem ser substituídos por embalagens de ovos de galinha, de material plástico (figura 2).



Fonte: Autora

Contudo, após a utilização do kit, grande parte do material pode ser lavado e reutilizado, conforme é apresentado na figura abaixo:

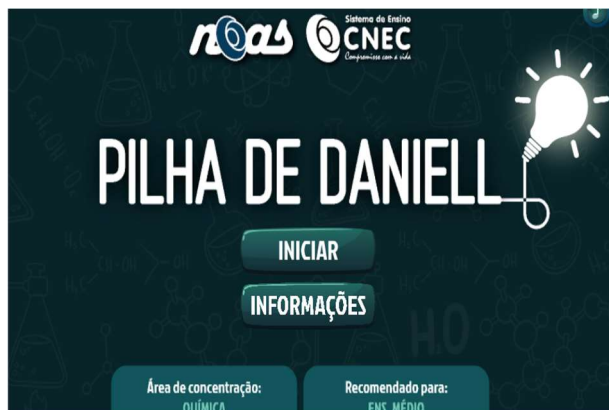


Fonte: Autora

2. ROTEIROS PARA AS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

2.1 ROTEIRO DO “SIMULADOR VIRTUAL ADAPTADO”

Introdução



A pilha de Daniell é um modelo clássico utilizado para representar o aproveitamento da energia elétrica que ocorre nas reações espontâneas de oxirredução. O simulador virtual que será apresentado nesta atividade prática possui a intenção de representar o princípio de funcionamento de pilhas por uma visão microscópica e macroscópica.

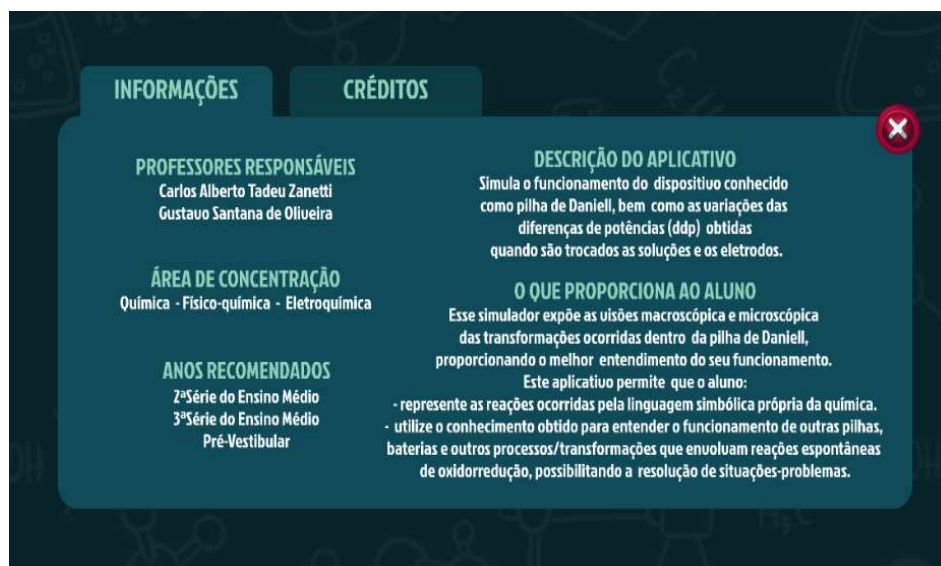
Materiais:

- Computador;
- Aplicativo online;
- Instrumentos para anotação.

Procedimentos:

Os alunos serão direcionados à sala de informática e deverão acessar o aplicativo online, por meio do link que se encontra no rodapé desta página²⁹. No primeiro instante, o professor pode convidar os alunos a acessarem o campo de informações na página inicial do aplicativo:

²⁹ <https://www.noas.com.br/ensino-medio/quimica/fisico-quimica/eletroquimica/pilha-de-daniell/>



Fonte: aplicativo online - CNECNOAS

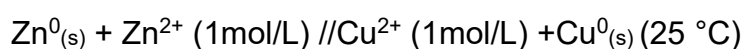
A leitura destas informações deverá ser realizada junto com os alunos, para que os mesmos conheçam sobre o simulador e o objetivo da aula.

Após a leitura das informações iniciais, peça aos alunos para apertar a tecla iniciar:



Fonte: aplicativo online - CNECNOAS

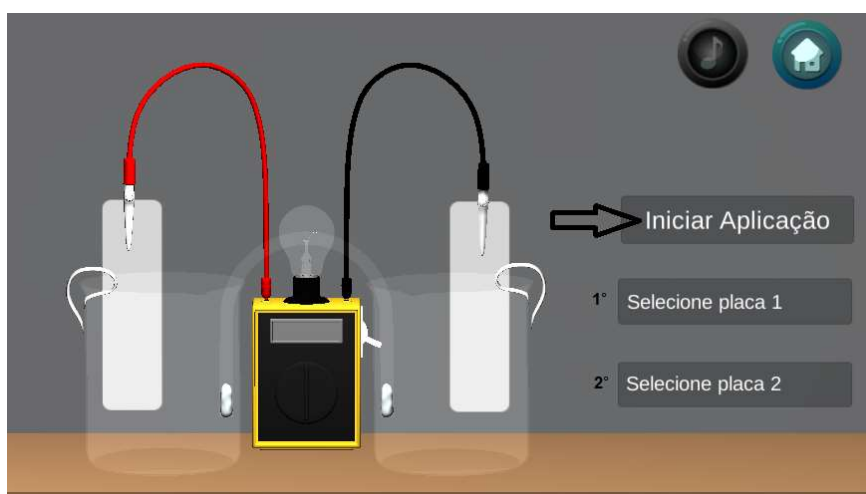
Neste instante os alunos poderão observar a demonstração da pilha de Daniell, representada pelas semirreações:



O simulador inicia com a movimentação dos elétrons, saindo do eletrodo de zinco, mergulhado na solução de sulfato de zinco em direção ao eletrodo de cobre,

mergulhado na solução de sulfato de cobre. O valor da ddp desta pilha é 1,10v e é apresentado no voltímetro. Os alunos tem a oportunidade de visualizar a oxidação do eletrodo de zinco, liberando seus cátions Zn^{+2} para a solução e observar a placa de zinco, diminuindo a sua massa. No mesmo instante os elétrons transferidos para o eletrodo de cobre, induz a redução do cobre presente na solução de sulfato de cobre, que vai ser depositado no eletrodo de cobre, aumentando a sua massa. Ainda nesta demonstração, os alunos conseguem observar a função microscópica da ponte salina de cloreto de potássio (KCl), que é fazer o equilíbrio entre os íons de um béquer para o outro, nos dois sentidos.

Assim que terminar a demonstração da pilha de Daniell, o professor pode solicitar aos alunos trocarem os metais das placas. Eles têm como opção o Alumínio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Ouro, Prata e Zinco. Eles podem usar da criatividade e fazer várias combinações. Observar a ddp e discutir sobre os ânodos e cátodos de cada aplicação.



Fonte: aplicativo online - CNECNOAS



30

1 - O que você conseguiu aprender sobre diferença de potencial (ddp)?

³⁰ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpsZA6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>

2 - Defina o cátodo e o ânodo na pilha de Daniell. Faça esta associação às aplicações testadas por você.

3 - Quando houve a troca dos eletrodos, a voltagem permaneceu a mesma? Explique baseando-se nos conhecimentos construídos até aqui, porque você acha que isso aconteceu.

4 - Se os eletrodos fossem compostos de um mesmo material, o que aconteceria?

2.2 ROTEIRO DA PRÁTICA “MEDINDO A TENSÃO DE PILHAS E BATERIAS”

Introdução



Fonte: Autora

As pilhas e baterias são geradores eletroquímicos que criam uma tensão elétrica contínua. Denominamos as pilhas de “células” e as baterias de “conjunto de células”. Estes dispositivos só existem devido a diferença de potencial (ddp) que existe nas extremidades de seus polos. Para funcionar bem as pilhas precisam apresentar uma tensão elétrica considerada suficiente para suportar uma corrente elétrica, se assim não for, ela é considerada esgotada. É possível medir a tensão destes dispositivos. O teste proposto aqui, tem o objetivo de verificar a tensão de variados tamanhos de pilhas e baterias.

Materiais:

- Multímetro;
- Pilhas de diferentes tamanhos;
- Baterias de diferentes tamanhos.

Procedimentos:

Coloque o multímetro na escala de tensão elétrica de corrente contínua. Como o objetivo é medir a tensão de pilhas e baterias, a escala escolhida será a de 20 Volts. Coloque a ponta de prova **preta** na primeira entrada, de baixo para cima e a ponta de prova **vermelha** na entrada seguinte, a do meio (VΩmA). Para fazer a medição, encoste as pontas de prova do multímetro nos terminais da pilha, respeitando a polaridade. No polo positivo a ponta de prova vermelha e no polo negativo, a ponta de prova preta.



Questões problematizadoras

31

- 1 – Qual(is) das pilhas apresentou maior tensão?
- 2 - Você ficou surpreso com algum resultado? Explique.
- 3 - Você mediu a tensão das pilhas comuns, de diferentes tamanhos. Notou alguma semelhança?
- 4 - Porque tem utensílios, tipo brinquedos, rádio, controles remotos que necessitam mais de duas pilhas para funcionar?
- 5 - O que acontece se associarmos duas pilhas com polos opostos? E se associá-las com polos de mesma carga?



Faça uma tabela para ajudar na comparação.

³¹ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpsZA6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>

2.3 ROTEIROS DAS PRÁTICAS DO “KIT EXPERIMENTAL”

2.3.1 PRÁTICA 1 – Mudando de cor.

Introdução



Fonte: Autora

O número de oxidação (NOX) foi um conceito elaborado para facilitar a identificação de espécies químicas envolvidas nas reações de oxirredução. Este NOX é carga gerada quando os átomos dos elementos químicos perdem ou ganham elétrons. Elementos que perdem elétrons, tendem a sofrer oxidação e os que de maneira inversa ganham os elétrons, sofrem a redução. É importante entender que estes dois processos (oxidação/redução) ocorrem simultaneamente.

As reações de oxirredução podem ser representadas genericamente pelas equações:

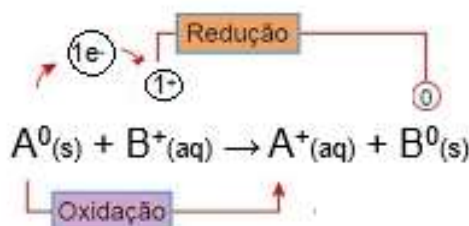
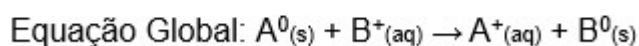
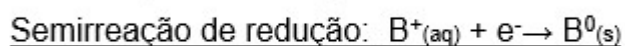
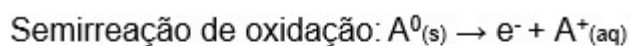


Figura 2 – Reação de oxirredução.

Materiais:

- 50 mL de solução de sulfato de cobre penta hidratado a 0,5 mol/L;
- 1/2 Palha de aço (qualquer marca);
- 1 Copo descartável transparente de 200 mL.

Procedimentos:

Adicione a solução de sulfato de cobre 1,0 mol/L no copo descartável. Pegue um pedaço de palha de aço, abra-a e coloque-a dentro da solução e observe o que vai acontecer. Deixe um pedaço da palha, fora da solução para ficar mais fácil movimentar. Faça suas anotações.



32

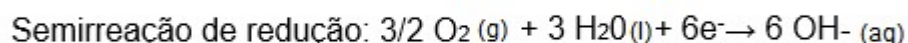
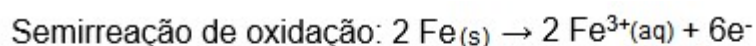
- 1 - O que aconteceu com a solução de sulfato de cobre (CuSO_4) 0,5 mol/L?
- 2 - Como ficou a palha de aço?
- 3 - Você é capaz de explicar o fenômeno ocorrido por meio das semirreações de óxido-redução?

2.3.2 PRÁTICA 2 – Corrosão do Ferro**Introdução**

Fonte: Autora

³² <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpszA6dl0ZuGZWY2tETy2AQLw?usp=sharing>

O processo de corrosão além de ser um problema econômico é também um grande problema social e ambiental. Estudos apontam que os prejuízos com a corrosão representam cerca de 3,5% do PIB e que a prevenção pode evitar 25% das perdas causadas pela corrosão (NOVAIS, ANTUNES, 2016). Para resolver esta problemática, precisamos entender como e porque ocorre a corrosão. Veremos isso a seguir:



Materiais:

- 2 pregos de ferro, novos;
- 2 copos descartáveis de 50mL, transparente;
- 5 mL de óleo de soja;
- 10 mL de água fervida, fria;
- 15 mL de água da torneira;
- 1 seringa de 10mL.

Procedimentos:

Pegue dois copos descartáveis transparentes. No primeiro copo, coloque 10mL de água fervida, fria. Coloque o prego e 10mL de óleo de soja, seguindo esta sequência. No segundo copo, coloque água da torneira e o prego. Aguarde por no mínimo vinte e quatro horas. Observe e faça suas anotações.



Questões problematizadoras

33

- 1- Em qual dos copos o prego sofreu alteração?
- 2- Por que ocorreu a formação da ferrugem?
- 3- Você consegue entender a importância de proteger os objetos produzidos de ferro?

2.3.3 PRÁTICA 3 – Metal de Sacrifício

³³ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpsZA6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>

Introdução



Fonte: Autora

Os metais de sacrifícios são materiais utilizados para proteger outros da oxidação. Para tal efeito, um eletrodo de sacrifício é colocado em contato com o objeto que ele precisa proteger, ou seja, para ser oxidado no lugar dele. O experimento proposto serve para demonstrar a técnica, também conhecida como proteção catódica, para prevenir a corrosão de objetos que contém o ferro em sua estrutura, visto que este metal é economicamente importante para nosso país.

Materiais:

- 2 pregos de ferro, novos;
- 2 copos descartáveis de 50 mL, transparente;
- 50 mL de água;
- 3 g de sal de cozinha (cloreto de sódio);
- 1 fita de papel alumínio (1 x 5 cm);
- 5 cm de fio de cobre flexível (1 x 1 mm).

Procedimentos:

- Prepare a solução salina, adicionando os 3 g em 50 mL de água.
- Pegue os dois pregos. No primeiro enrole a fita de papel alumínio e no segundo, o fio de cobre flexível (envolver o prego e deixar as duas extremidades livres).

- Pegue dois copos descartáveis transparentes. No primeiro copo, coloque a metade da solução preparada e o prego enrolado no papel alumínio. No segundo copo, coloque o restante da solução preparada e o prego enrolado no fio de cobre.
- Aguarde no mínimo vinte e quatro horas. Observe e faça suas anotações.



Questões problematizadoras

34

1- Em qual dos copos o prego sofreu alteração? Explique porque você acha que isso aconteceu?

2.3.4 PRÁTICA 4 – PILHA VOLTAICA

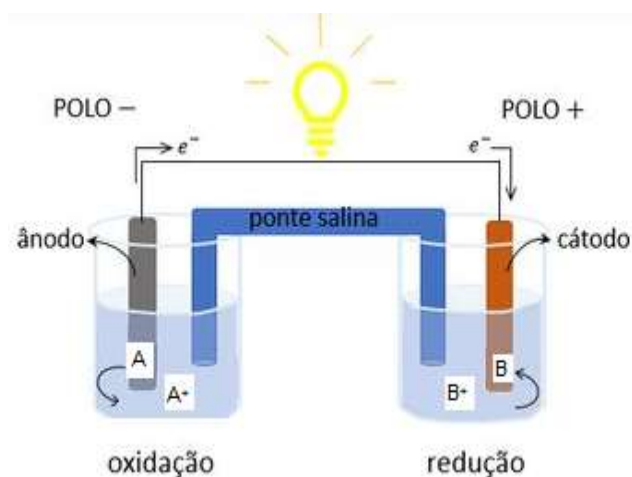
Introdução



Fonte: Autora

As pilhas são dispositivos que geram energia elétrica, através das reações de oxirredução. A corrente elétrica gerada é formada pela diferença que existe entre os níveis de potenciais. A diferença de potencial (d.d.p.) é obtida ligando-se um fio condutor em dois eletrodos mergulhados em um meio eletrolítico.

³⁴ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpsZA6dl0ZuGZwY2tETy2AQLw?usp=sharing>



Quando se calcula a d.d.p. de uma reação de oxirredução e ela é positiva, o processo é classificado como espontâneo. Este processo espontâneo, chamado de pilha, funciona com um polo positivo (cátodo) e um polo negativo (ânodo). O movimento dos elétrons é sempre no sentido do polo com maior potencial, para o de menor potencial, ou seja, do polo negativo para o polo positivo.

Estes dispositivos são utilizados em aparelhos eletrônicos portáteis. Tem aparelhos que utilizam uma única pilha para seu funcionamento, enquanto outros necessitam de pilhas ligadas em série, que são conhecidas como baterias. Para entender melhor o funcionamento destes dispositivos, vamos construir e analisar uma pilha caseira.

Materiais:

- 6 copos descartáveis transparente de 50 mL;
- 5 cliques para papel;
- 1 copo descartável transparente de 200 mL, calibrado para 120 mL;
- 3 g de cloreto de sódio (sal de cozinha);
- 5 fios de cobre encapados, com 7 cm cada.
- 1 circuito com lâmpada de LED.

Procedimentos:

- Preparo do fio de cobre: Pegue o fio de cobre, 7 cm, e desencape 1 cm em cada extremidade. Em uma delas, fixe o clipe para papel e deixe a outra livre.

- Preparo do circuito de LED: Corte um circuito de lâmpada de um pisca-pisca. Desencape 1 cm em cada extremidade.
- Preparo da solução de cloreto de sódio: Pegue um copo descartável de 200 mL, coloque 3 g de cloreto de sódio, adicione um pouco de água para dissolver o sal. Complete com água até a marca de 120mL.
- Produção das pilhas: Adicione aproximadamente 20 mL da solução de cloreto de sódio em seis copos descartáveis de 50 mL, logo após, coloque os fios de cobre já preparados, interligando os copinhos. Em um copo, coloque a extremidade com o clipe e no outro a extremidade que contém o cobre. Como representa a figura abaixo:



Fonte: Autora

Vai fazendo assim até interligar os seis copos. Para fechar o ciclo, coloque o circuito com a lâmpada de LED. Verifique o que acontece com a lâmpada. Faça suas anotações.



35

- 1 - Por que foi utilizado solução de sal de cozinha?
- 2 - Esta solução poderia ser substituída por uma solução de açúcar?
- 3 - Você conseguiu acender a lâmpada de LED?

³⁵ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpszA6dl0ZuGZWY2tETy2AQLw?usp=sharing>

4 - Porque você acha que foi possível acender essa lâmpada com apenas estes materiais?

5 - Se você diminuir um copinho no experimento, a lâmpada vai acender? Explique.

2.4 ROTEIRO DA PRÁTICA “ELETRODEPOSIÇÃO DE COBRE”

Introdução

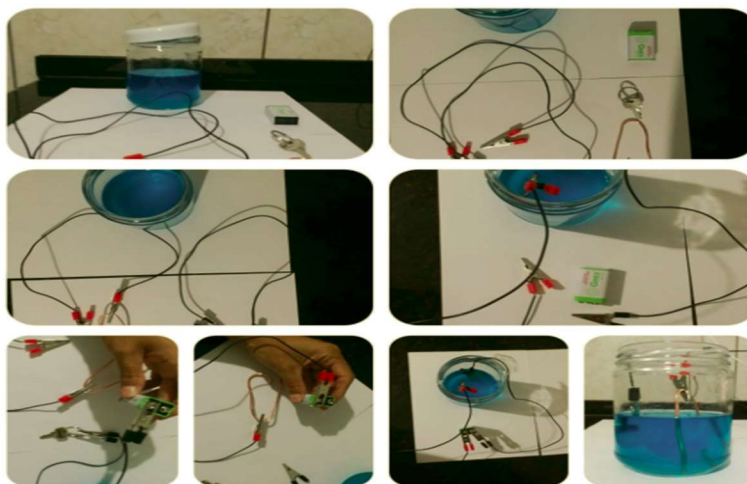


Figura: Eletrólise aquosa

A eletrodeposição de metais, também denominada de galvanoplastia, é uma técnica de revestimento metálica que protege uma peça contra a corrosão. Este procedimento é muito utilizado na indústria para douração, prateação, cromação, niquelação e galvanização.

Materiais:

- 1 Fio de cobre de 3 a 4 mm;
- 1 chave;
- 1 bateria de 9 volts;
- 2 fios de cobre com jacarezinhos nas extremidades;
- Solução de sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 1,0 mol/L;
- 1 Pote de vidro.

Procedimentos:

- Adicione a solução de sulfato de cobre no pote de vidro;
- Coloque a chave no cátodo da cuba eletrolítica, que será ligada no polo negativo da bateria (ânodo);
- Coloque a placa de cobre no ânodo da cuba eletrolítica, que será ligada no polo positivo da bateria (cátodo);
- Aguarde o processo, faça suas anotações e responda às questões motivadoras.



36

- 1 - O que aconteceu com a chave? Descreva o que você observou.
- 2 - Porque foi utilizada uma bateria?
- 3 - Local onde a chave está inserida na cuba eletrolítica é o cátodo, polo negativo. Que semirreação está ocorrendo neste polo?

³⁶ <https://drive.google.com/drive/folders/1GemuUvNYpszA6dl0ZuGZWY2tETy2AQLw?usp=sharing>



Descarte dos resíduos

Faz-se necessário realizar o descarte consciente dos resíduos gerados durante as atividades práticas. Abaixo encontra-se uma tabela que relaciona alguns materiais com a sugestão de destino:

Materiais	Destino
Pregos, cliques e fio de cobre encapado	Reutilizar, se possível ou descartar em ferro velho.
Copos descartáveis, garrafinha plástica, seringa, copinhos de medicamentos.	Lavar e reutilizar
Solução de cloreto de sódio (NaCl)	Descartar no sistema de esgoto.
Óleo	Entregar em um ponto de coleta para a produção de sabão.
Solução de sulfato de cobre	Reagir com uma solução de hidróxido de cálcio para produzir a “mistura de Bordeaux ³⁷ ”

³⁷ Mistura Bordeaux tem características alcalinas e pode ser utilizada contra certos fungos. A solução de sulfato de cobre restante, contém íon cobre 2+, que se descartado de maneira inadequada, como um excelente agente oxidante, pode provocar a oxidação de metais presentes em tubulações como o alumínio, ferro e zinco.

3. LISTA DE EXERCÍCIOS DO ENEM (2016 – 2020)



38

01- (ENEM-2016)

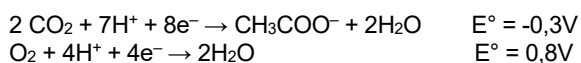
TEXTO I

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito elétrico até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO, S. Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula a combustível etanol/O₂. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

TEXTO II

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão (E°) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



SCOTT, K.; YU, E. H. Microbialelectrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. Woodhead Publishing Series in Energy, n. 88, 2016 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

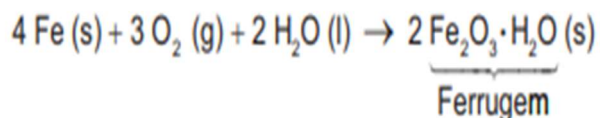
- a) 3
- b) 4
- c) 6
- d) 9
- e) 15

02- (ENEM-2016) A obtenção do alumínio dá-se a partir da bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), que é purificada e eletrolisada a uma temperatura de 1000 °C. Na célula eletrolítica, o ânodo é formado por barras de grafite ou carvão, que são consumidas no processo de eletrólise, com formação de gás carbônico, e o cátodo é uma caixa de aço coberta de grafita. A etapa de obtenção do alumínio ocorre no

- a) ânodo, com formação de gás carbônico.
- b) cátodo, com redução do carvão na caixa de aço.
- c) cátodo, com oxidação do alumínio na caixa de aço.
- d) ânodo, com depósito de alumínio nas barras de grafita.
- e) cátodo, com o fluxo de elétrons das barras de grafita para a caixa de aço.

03- (ENEM-2016) Utensílios de uso cotidiano e ferramentas que contêm ferro em sua liga metálica tendem a sofrer processo corrosivo e enferrujar. A corrosão é um processo eletroquímico e, no caso do ferro, ocorre a precipitação do óxido de ferro (III) hidratado, substância marrom pouco solúvel, conhecida como ferrugem. Esse processo corrosivo é, de maneira geral, representado pela equação química:

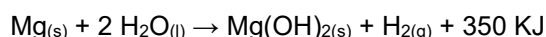
³⁸ <https://drive.google.com/drive/folders/1WQBfIzd2k5CJzfU6TpOzxdWM6sfcMLw2?usp=sharing>



Uma forma de impedir o processo corrosivo nesses utensílios é

- Renovar sua superfície, polindo-a semanalmente.
- Evitar o contato do utensílio com o calor, isolando-o termicamente.
- Impermeabilizar a superfície, isolando-a de seu contato com o ar úmido.
- Esterilizar frequentemente os utensílios, impedindo a proliferação de bactérias.
- Guardar os utensílios em embalagens, isolando-os do contato com outros objetos.

04- (ENEM-2016) Atualmente, soldados em campo, seja em treinamento ou em combate, podem aquecer suas refeições, prontas e embaladas em bolsas plásticas, utilizando aquecedores químicos, sem precisar fazer fogo. Dentro dessas bolsas existe magnésio metálico em pó e, quando o soldado quer aquecer a comida, ele coloca água dentro da bolsa, promovendo a reação descrita pela equação química:

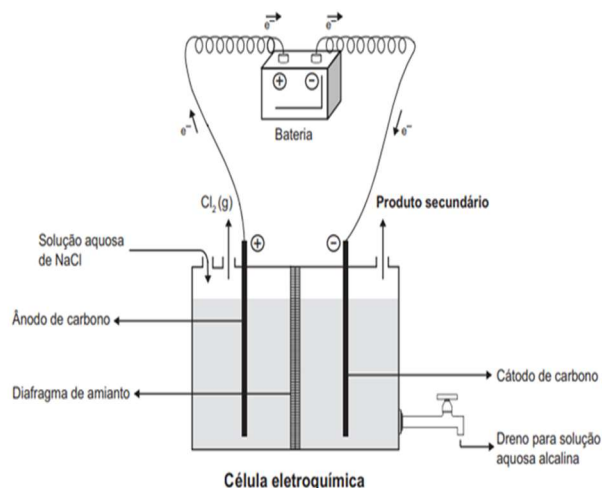


O aquecimento dentro da bolsa ocorre por causa da

- redução sofrida pelo oxigênio, que é uma reação exotérmica.
- oxidação sofrida pelo magnésio, que é uma reação exotérmica.
- redução sofrida pelo magnésio, que é uma reação exotérmica.
- oxidação sofrida pelo hidrogênio, que é uma reação exotérmica.
- redução sofrida pelo hidrogênio, que é uma reação endotérmica.

05- (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. Neste procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.



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

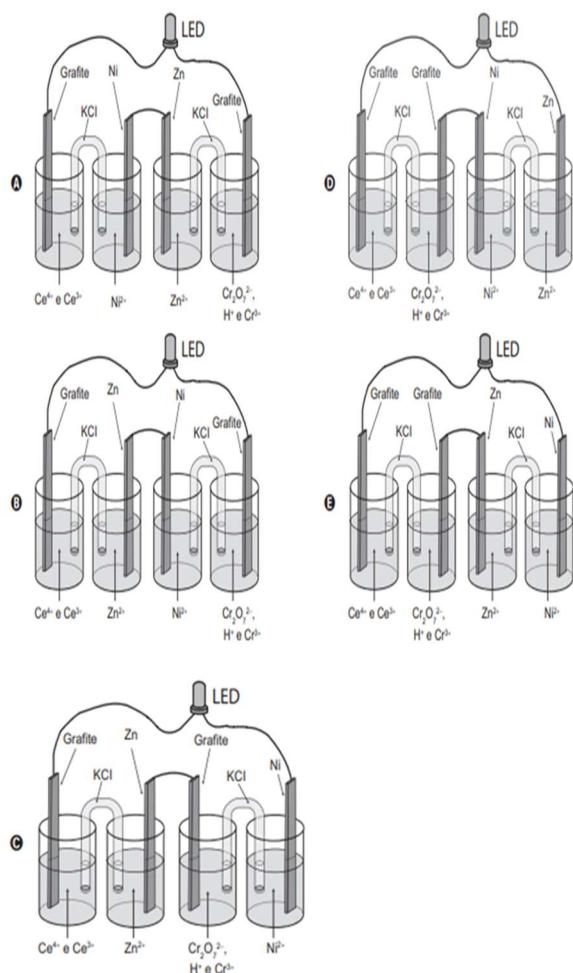
No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o

- vapor de água.
- oxigênio molecular.
- hipoclorito de sódio.
- hidrogênio molecular.
- cloreto de hidrogênio.

06- (ENEM-2017) A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	$E^\ominus$ (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

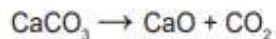
associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



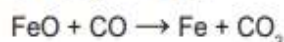
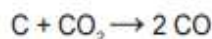
07- (ENEM-2017) O ferro metálico é obtido em altos-fornos pela mistura do minério hematita ($\text{d-Fe}_2\text{O}_3$) contendo impurezas, coque (C) e calcário (CaCO_3), sendo estes mantidos sob um fluxo de ar quente que leva a queima do cobre, com a temperatura no alto-forno chegando próximo a $2\,000\text{ }^\circ\text{C}$. As etapas

caracterizam o processo em função da temperatura.

Entre $200\text{ }^\circ\text{C}$ e $700\text{ }^\circ\text{C}$:



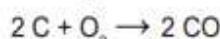
Entre $700\text{ }^\circ\text{C}$ e $1\,200\text{ }^\circ\text{C}$:



Entre $1\,200\text{ }^\circ\text{C}$ e $2\,000\text{ }^\circ\text{C}$:

Ferro impuro se funde

Formação de escória fundida (CaSiO_3)

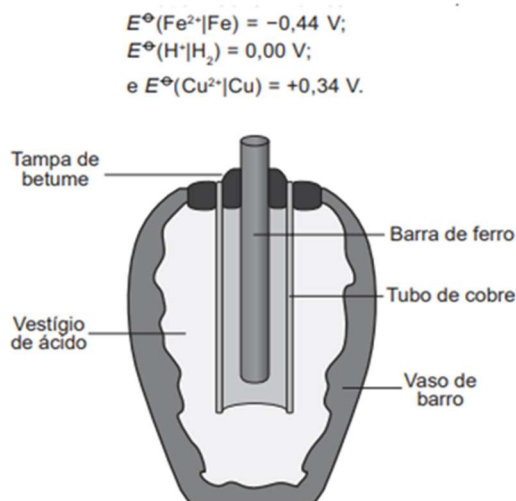


BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. Química: a ciência central. São Paulo: Pearson Education, 2005 (adaptado).

No processo de redução desse metal, o agente redutor é o

- C
- CO
- CO_2
- CaO
- CaCO_3

08- (ENEM - 2018) Em 1938 o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da instituição, que poderia ter sido usado como pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução:



As pilhas de Bagdá e a acupuntura. Disponível em: <http://jornaliggn.com.br>. Acesso em: 14 dez. 2014 (adaptado).

Disponível em: www.laptopbattery.net. Acesso em: 15 nov. 2011 (adaptado).

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

- A tampa de betume.
- O vestígio de ácido.
- A barra de ferro.
- O tubo de cobre.
- O vaso de barro.

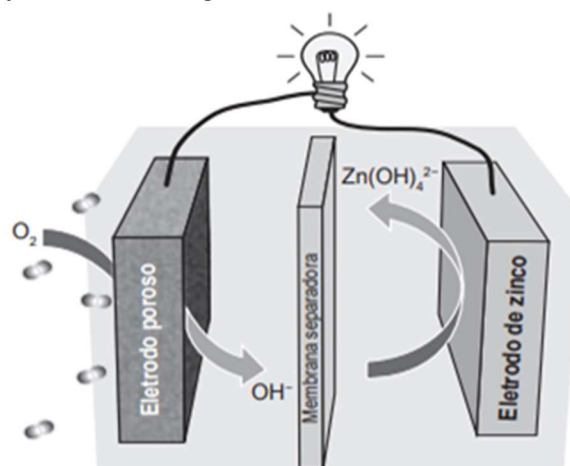
09- (ENEM-2019) Para realizar o desentupimento de tubulações de esgotos residenciais, é utilizada uma mistura sólida comercial que contém hidróxido de sódio (NaOH) e outra espécie química pulverizada. Quando é adicionada água a essa mistura, ocorre uma reação que libera gás hidrogênio e energia na forma de calor, aumentando a eficiência do processo de desentupimento. Considere os potenciais padrão de redução ($E^\ominus$) da água e de outras espécies em meio básico, expressos no quadro.

Semirreação de redução	$E^\ominus$ (V)
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Co} + 2 \text{OH}^-$	-0,73
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0,22
$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 2 \text{OH}^-$	-0,58
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{OH}^-$	-0,88

Qual é a outra espécie que está presente na composição da mistura sólida comercial para aumentar sua eficiência?

- Al
- Co
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- Pb

10- (ENEM-2019) Grupos de pesquisa em todo o mundo vêm buscando soluções inovadoras, visando a produção de dispositivos para a geração de energia elétrica. Dentre eles, pode-se destacar as baterias de zinco-ar, que combinam o oxigênio atmosférico e o metal zinco em um eletrólito aquoso de caráter alcalino. O esquema de funcionamento da bateria zinco-ar está presente na figura.



LI, Y.; DAI, H. Recent Advances in Zinc-Air Batteries. *Chemical Society Reviews*, v. 43, n. 15, 2014 (adaptado).

No funcionamento da bateria, a espécie química formada no ânodo é:

- a) $\text{H}_2(\text{g})$.
- b) $\text{O}_2(\text{g})$.
- c) $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- d) $\text{OH}^-(\text{aq})$.
- e) $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}(\text{aq})$.

11- (ENEM- 2020) Um cidadão que se mudou de Brasília para Recife, após algum tempo, percebeu que partes de seu carro estavam enferrujando muito rapidamente. Perguntou para seu filho, estudante do ensino médio, a explicação para o fenômeno. O filho pesquisou na internet e descobriu que, por causa da maresia, gotículas de água do mar atingem os objetos de aço (liga de ferro e carbono) e intensificam sua corrosão. Com base nessa informação, o estudante explicou corretamente ao pai o efeito do cloreto de sódio na corrosão. A explicação correta de a maresia acelerar a corrosão do aço é porque:

- a) reduz o ferro.
- b) oxida o carbono.
- c) dissolve a pintura do carro.
- d) torna a água mais condutora.
- e) diminui a dissolução do oxigênio na água.

12- (ENEM-2020) Os tanques de armazenamento de gasolina podem, com o tempo, sofrer processos

oxidativos, resultando na contaminação do combustível e do solo à sua volta. Uma forma de evitar tais problemas econômicos e ambientais é utilizar preferencialmente metais de sacrifício, protegendo os tanques de armazenamento. Suponha que seja necessário usar um metal de sacrifício em um tanque de aço (liga de ferro-carbono). Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais padrão.

Semirreação	E° (V)
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	+0,86

Dos metais citados, o que garantirá proteção ao tanque de aço é o

- a) zinco.
- b) cobre.
- c) níquel.
- d) cádmio.
- e) mercúrio

GABARITO: 1B; 2E; 3C; 4B; 5D; 6C; 7B; 8D; 9A; 10E; 11D; 12A.

4. DICAS SOBRE FERRAMENTAS DIGITAIS

A crise com a pandemia causada pelo novo coronavírus, tornou 2020 um ano atípico e fez com que as escolas de Educação Básica e Universidades trabalhassem com o ensino remoto e a distância, porém nem os professores, nem escolas e famílias estavam psicologicamente e tecnologicamente preparadas para isso, portanto no início foi difícil para adaptarem, porém aos poucos tudo foi tomando seu lugar.

Acredita-se que o uso das tecnologias veio para ficar e deverá tornar-se parte permanente das interações escolares, para promover aulas mais dinâmicas e interativas, pois os “novos alunos” são nativos digitais. Contudo, professores deverão estar aptos ao novo jeito de dar aula, inserindo em suas práticas docentes ferramentas digitais.

Com o objetivo de facilitar o trabalho docente, foi criada uma pasta no drive com dicas de diversas ferramentas digitais e como utilizá-la no dia-a-dia da sala de aula. O link para acesso encontra-se na nota de rodapé desta página.



39

4.1 O QUE VOCÊ VAI ENCONTRAR?

1 - Baixar vídeos do YouTube para o computador e celular sem usar nenhum aplicativo.

2 - Elaborar slides.

2.1 - Escolha o melhor *template* para seus slides.

2.2 - Elaborar slides simples.

2.3 - Dicas práticas para montar um slide mais rápido.

3 - Criar grupos de WhatsApp.

³⁹ Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1Tj2GGzBuApaJFFpYkQhDwvirVnjtlCI2>

4 - Elaborar roteiros simples para videoaulas.

5 - Aplicativos para celular para gravar aulas.

5.1 - X Recorder - gravador de telas.

6 - Simuladores virtuais.

6.1 - CNEC NOAS.

6.2 - CK-12 EXPLORATION SERIES.

6.3 - PhET INTERACTIVE SIMULATIONS.

7 - Ferramentas do Google.

7.1 - Elaborar Google Forms.

7.2 - Utilizar o Google Meet.

7.3 - Utilizar o Google Classroom.

8 - Aulas de Química no canal do Youtube®: “Química Para Vestibulando”.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. V.; ZIMMER, C.G. **Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.43, n.3, p. 298-304, ago. 2021.

ATKINS, P. W. ; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965p.

ARAÚJO, E. S.; NASCIMENTO, J. L. B.; SILVA, J. C.; BIM, C. F. A. **O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil, v.12, n.3, 2021. Disponível em: <<http://portal.amelica.org/ameli/journal/509/5092220023/html/>> Acesso em 20 out. 2021.

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. **Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos**. Química Nova na Escola. São Paulo – SP, v.39, n.1, p. 52-58, 2017.

BATISTA, R. C.; OLIVEIRA, J. E.; RODRIGUES, S. F. **Sequência Didática–Ponderações Teórico-Metodológicas**. In: ENDIPE, 18, p.5380 – 5385, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Resolução Nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB. 2018.

DINIZ, B. P.; ALVES, A. S.; LEMES, L. C.; SILVA, L. A.; ALVES, V. A. **Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio**. Química Nova na Escola. São Paulo - SP, v.42, n.1, p.77-87, fev. 2020.

FELTRE, R. **Físico-Química: ensino médio**. v.2. 6.ed. São Paulo: Moderna, 2004. 417p.

GOMES, A. D. S. **O uso de software de simulação no ensino da eletroquímica na química do ensino médio**. Revista Docente, v-, n-, p.43-52, 2019.

GUIMARÃES, L. P.; CASTRO, D. L. **A experimentação e a pilha de Daniell numa abordagem demonstrativa-investigativa**. Revista Ciências & Ideias, v.9, n.3, p.195-212, set./dez. 2018. ISSN 2176-1477.

LEAL, R. R.; SCHETINGER, M. R. C.; PEDROSO, G. B. **Experimentação investigativa em eletroquímica e argumentação no ensino médio em uma escola federal em Santa Maria/RS**. Revista de Ensino de Ciência e Matemática, v.10, n.6, p.142-162, 2019.

MONTESSORI, M. **A formação do homem**. Tradução de Eunice Arroxelas. Rio de Janeiro: Internacional Portugália Ed. Brasil, 1985.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista, v.1, n.3, p.25-46, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. Química. v2: ensino médio – Curitiba: Positivo, 2016.

SANTORO, A. C. B. **Eletroquímica e radioatividade**. Ribeirão Preto, 2012. (Apostila).

SANTOS, A. T.; TAMIASSO-MANTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; AGOSTINHO, S. M. L. **Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v.1, n.3, p.209-219, 2019.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. **Aprendizagem Ativa-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica**. Revista Química Nova na Escola, v.40, n.4, p.258-266, 2018.

SILVA, J.N.; AMORIM, J. S.; MONTEIRO, L. P.; FREITAS, K. H. G. **Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem**. Scientia Plena, v.13, n.1, p.1-11, 2017.

SILVA, C. C.; FERRI, K. C. F. **Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.5, p.27641-27655, mai. 2020. ISSN 2525-8761.

SILVA, A. C. C. Q.; OLIVEIRA, B. M. M.; MAGALHÃES, F. G. R.; NASCIMENTO, F. M. G.; GIRÃO, J. S.; ALMEIDA, J. W.; PORTELA, R. R. **A experimentação no foco da aprendizagem: ensinando eletroquímica de forma fácil e barata**. Conexões, Ciências e Tecnologia. Fortaleza/CE, v.13, n.1, p.8 - 14, mai. 2019.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O.; AQUINO, K. A. S. **Conexões entre cinética e eletroquímica: a experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa**. Química Nova na Escola, v.38, n.3, p.237-243, 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 224p.

Tabela periódica

www.tabelaperiodica.org

Licença de uso Creative Commons BY-NC-SA 4.0 - Use somente para fins educacionais
Caso encontre algum erro favor avisar pelo mail luisbrudna@gmail.com
Informativos baseada em DOI:10.1515/nac-2015-0305 - atualizada em 23 de fevereiro de 2022

Tabela interativa: <https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-aplicacoes-dos-elementos-quimicos/>.

2. TABELA COM OS PRINCIPAIS NOX

PRINCIPAIS NOX DOS ELEMENTOS EM SUBSTÂNCIAS COMUNS

ELEMENTOS	CONDIÇÃO	NOX
Metais alcalinos	Quando em substâncias compostas	+1
Metais alcalinos terrosos	Quando em substâncias compostas	+2
Prata	Quando em substâncias compostas	+1
Zinco	Quando em substâncias compostas	+2
Alumínio	Quando em substâncias compostas	+3
Calcogênios	Quando forem mais eletronegativo	-2
Halogênios	Quando forem mais eletronegativo	-1
Hidrogênio	Quando estiver ligado a um ametal (mais eletronegativo)	+1
	Quando estiver ligado a um ametal (menos eletronegativo)	-1
Oxigênio	Maioria das substâncias compostas	-2
	Peróxidos	-1
	Superóxidos	-1/2
	Fluoretos	+2 ou +1

Figura adaptada: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/numero-oxidacao-nox.htm>

3. TABELA DE POTENCIAL PADRÃO DE REDUÇÃO

Potencial de oxidação em volts (V)	POTENCIAIS-PADRÃO DE ELETRODO			Potencial de redução (E^0) em volts (V)
+3,04	$e^- + Li^+$	$\rightleftharpoons$	Li	-3,04
+2,92	$e^- + K^+$	$\rightleftharpoons$	K	-2,92
+2,90	$2e^- + Ba^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Ba	-2,90
+2,87	$2e^- + Ca^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Ca	-2,87
+2,71	$e^- + Na^+$	$\rightleftharpoons$	Na	-2,71
+2,36	$2e^- + Mg^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Mg	-2,36
+1,66	$3e^- + Al^{3+}$	$\rightleftharpoons$	Al	-1,66
+1,18	$2e^- + Mn^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Mn	-1,18
+0,76	$2e^- + Zn^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Zn	-0,76
+0,74	$3e^- + Cr^{3+}$	$\rightleftharpoons$	Cr	-0,74
+0,48	$2e^- + S$	$\rightleftharpoons$	S_2^{2-}	-0,48
+0,44	$2e^- + Fe^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Fe	-0,44
+0,41	$e^- + Cr^{3+}$	$\rightleftharpoons$	Cr^{2+}	-0,41
+0,28	$2e^- + Co^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Co	-0,28
+0,25	$2e^- + Ni^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Ni	-0,25
+0,14	$2e^- + Sn^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Sn	-0,14
+0,13	$2e^- + Pb^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Pb	-0,13
0,00	$2e^- + 2H^+$	$\rightleftharpoons$	H_2	0,00
-0,14	$2e^- + 2H^+ + S$	$\rightleftharpoons$	H_2S	+0,14
-0,15	$2e^- + Sn^{4+}$	$\rightleftharpoons$	Sn^{2+}	+0,15
-0,34	$2e^- + Cu^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Cu	+0,34
-0,40	$2e^- + H_2O + \frac{1}{2}O_2$	$\rightleftharpoons$	$2OH^-$	+0,40
-0,52	$e^- + Cu^+$	$\rightleftharpoons$	Cu	+0,52
-0,54	$2e^- + I_2$	$\rightleftharpoons$	$2I^-$	+0,54
-0,68	$2e^- + 2H^+ + O_2$	$\rightleftharpoons$	H_2O_2	+0,68
-0,77	$e^- + Fe^{3+}$	$\rightleftharpoons$	Fe^{2+}	+0,77
-0,80	$e^- + Ag^+$	$\rightleftharpoons$	Ag	+0,80
-0,80	$2e^- + 4H^+ + 2NO_3^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O + 2NO_2$	+0,80
-0,85	$2e^- + Hg^{2+}$	$\rightleftharpoons$	Hg	+0,85
-0,96	$3e^- + 4H^+ + NO_3^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O + NO$	+0,96
-1,07	$2e^- + Br_2$	$\rightleftharpoons$	$2Br^-$	+1,07
-1,33	$6e^- + 14H^+ + CrO_7^{2-}$	$\rightleftharpoons$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
-1,36	$2e^- + Cl_2$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-$	+1,36
-1,50	$3e^- + Au^{3+}$	$\rightleftharpoons$	Au	+1,50
-1,51	$5e^- + 8H^+ + MnO_4^-$	$\rightleftharpoons$	$Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51
-1,78	$2e^- + 2H^+ + H_2O_2$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O$	+1,78
-2,87	$2e^- + F_2$	$\rightleftharpoons$	$2F^-$	+2,87

Figura - Tabela de Potenciais-Padrão de eletrodo: Feltre, Ricardo, 1928 - Química/ Ricardo Feltre — 6. ed. São Paulo : Moderna, 2004.