



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Rua Vinte, 1600. Bairro Tupã. CEP 38304-402, Ituiutaba / MG



DIOGO ALONSO CRISTOFORO TRÍDICO

**ELETROQUÍMICA NA SALA DE AULA:
DESAFIOS DE FUTURAS PROFESSORAS DE QUÍMICA
NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

ITUIUTABA
2024

DIOGO ALONSO CRISTOFORO TRÍDICO

ELETROQUÍMICA NA SALA DE AULA:
DESAFIOS DE FUTURAS PROFESSORAS DE QUÍMICA
NOS PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Monografia de Conclusão de Curso apresentada à Comissão Avaliadora como parte das exigências do Curso de Graduação em Química: Licenciatura do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior

Ituiutaba, 2024



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

| | | | | | |
|------------------------|---|-----------------|----------|-----------------------|-------|
| Curso de Graduação em: | 103027 LN - Curso de Graduação em Química Grau Licenciatura | | | | |
| Defesa de: | GQ108 Trabalho de Conclusão de Curso | | | | |
| Data: | 05/11/2024 | Hora de início: | 14:00min | Hora de encerramento: | 16:00 |
| Matrícula do Discente: | 21911QMI206 | | | | |
| Nome do Discente: | Diogo Alonso Cristoforo Trídico | | | | |
| Título do Trabalho: | Eletroquímica na sala de aula: desafios de futuras professoras de Química nos processos de ensino e aprendizagem. | | | | |

A carga horária curricular foi cumprida integralmente? Sim Não

Aos cinco dias do mês de novembro do ano de 2024 foi realizada a avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso do discente Diogo Alonso Cristoforo Trídico, sob matrícula 21911QMI206, do Curso de Graduação em Química, Grau Licenciatura, no componente curricular GQ108 Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado: "Eletroquímica na sala de aula: desafios de futuras professoras de Química nos processos de ensino e aprendizagem."

Reuniu-se no Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores - LIFE (Sala 208 Bloco D), no Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia em Ituiutaba – MG, os membros da Comissão Avaliadora, assim composta: Prof. Dr. Lísias Pereira Novo (ICENP/UFU), Profª Drª Fernanda Monteiro Rigue (ICENP/UFU) e Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Junior (ICENP/UFU), orientador do estudante.

Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa, Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Junior, apresentou a Comissão Avaliadora e o estudante, agradeceu a presença do público e concedeu ao estudante a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do estudante e o tempo de arguição e resposta foram realizados conforme as normativas do curso de Química.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos avaliadores, que passaram a arguir o estudante. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a comissão, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o estudante:

(X) Aprovado Nota [98]

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pelos membros da Comissão Avaliadora.



Documento assinado eletronicamente por **José Gonçalves Teixeira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/11/2024, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lísias Pereira Novo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/11/2024, às 16:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Monteiro Rigue, Professor(a) do Magistério Superior**, em 08/11/2024, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5845040** e o código CRC **8CF7CA9B**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por permitir estar presente até o dia de hoje.

Agradeço a toda minha família que foram todo o suporte para eu me tornar quem eu sou hoje, pela educação que me deram, conselhos, broncas, tudo!! São a razão por estar aqui.

Agradeço a cada amizade que eu fiz nesse período de graduação, com certeza são irmãos que levarei para o resto da minha vida.

Minha namorada, por me amparar em alguns momentos difíceis que me fez feliz nesses todos anos de graduação e que mesmo distante se fez muito presente.

Por fim agradeço a duas pessoas que mais aguardaram esse momento, minha vó Myrna e especialmente minha tia Doca, que foram as pessoas que mais torceram, tanto para mim quanto para meu irmão, realizar uma faculdade. Hoje minha tia não pode estar presencialmente com a gente, mas lá de cima com certeza ela está muito orgulhosa.

Faço meus agradecimentos para todos os professores do ICENP, por me acrescentarem grandes qualidades e me concretizar como professor de Química.

RESUMO

Este trabalho investiga as dificuldades de ensino e aprendizagem de futuras professoras de Química em relação à eletroquímica. Para a pesquisa, foram realizadas entrevistas individuais com cinco futuras professoras, abordando suas experiências de aprendizagem desde o ensino básico até as disciplinas de graduação. As entrevistas foram gravadas, transcritas e analisadas, organizando as respostas em categorias relacionadas ao envolvimento com o conteúdo de eletroquímica: i) aprendizagens de eletroquímica no ensino médio; ii) aplicação da eletroquímica no cotidiano; iii) aprendizado no ensino superior; iv) dificuldades na elaboração de aulas sobre eletroquímica e, v) importância do ensino de eletroquímica no ensino médio. Utilizou-se como aporte teórico a abordagem do conceito de eletroquímica em um livro didático de Química para o Ensino Médio, a perspectiva histórica desse conceito e pesquisas sobre os processos de ensino e aprendizagem na revista *Química Nova na Escola*. A análise evidencia que as futuras professoras enfrentam dificuldades para compreender a eletroquímica tanto na educação básica quanto nas disciplinas do ensino superior. Elas também têm dificuldades em selecionar conceitos e estratégias metodológicas para o planejamento de aulas, além de relacionar os conceitos de eletroquímica com situações do cotidiano dos estudantes. Reconhecendo a necessidade de aprofundar seus estudos, as futuras professoras buscam melhorar sua compreensão sobre o conteúdo. Estes achados ressaltam a importância de repensar a abordagem da eletroquímica na formação inicial de professores de Química.

Palavras-chave: formação de professores; eletroquímica; dificuldades conceituais; educação básica.

ABSTRACT

This study investigates the teaching and learning difficulties of future chemistry teachers regarding electrochemistry. Individual interviews were conducted with five future teachers, focusing on their learning experiences from basic education to higher education courses. The interviews were recorded, transcribed, and analyzed, organizing the responses into categories related to engagement with electrochemistry content: i) learning about electrochemistry in high school; ii) application of electrochemistry in daily life; iii) learning in higher education; iv) difficulties in planning electrochemistry lessons and, v) importance of teaching electrochemistry in high school. The theoretical framework includes an examination of the concept of electrochemistry in a high school chemistry textbook, its historical perspective, and research on teaching and learning processes published in *Química Nova na Escola*. The analysis reveals that future teachers struggle to understand electrochemistry in both basic education and higher education courses. They also face challenges in selecting concepts and methodological strategies for lesson planning, as well as relating electrochemistry concepts to students' everyday situations. Recognizing the need to deepen their studies, future teachers aim to enhance their understanding of the content. These findings highlight the importance of rethinking the approach to electrochemistry in the initial training of chemistry teachers.

Keywords: teacher training; electrochemistry; conceptual difficulties; basic education.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1-INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2- REVISÃO DA LITERATURA | 12 |
| 2.1. O conceito de Eletroquímica na educação básica..... | 12 |
| 2.2. Resgate histórico sobre o conceito de Eletroquímica | 23 |
| 2.3. As pesquisas sobre os processos de ensino e de aprendizagem de Eletroquímica..... | 24 |
| 3- METODOLOGIA | 29 |
| 4- RESULTADOS E DISCUSSÕES | 35 |
| 4.1 Aprendizagem de eletroquímica no ensino médio..... | 35 |
| 4.2 Aprendizado de eletroquímica no ensino superior | 38 |
| 4.3 Aplicação da eletroquímica no cotidiano..... | 43 |
| 4.4 Dificuldades na elaboração de aulas sobre eletroquímica..... | 45 |
| 4.5 Importância do estudo ensino de eletroquímica no ensino médio..... | 47 |
| 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 49 |
| REFERÊNCIAS..... | 52 |

1-INTRODUÇÃO

Reconhecer os obstáculos para a compreensão do ensino de eletroquímica foi o principal motivo que levou à realização deste estudo. Minha decisão de focar em eletroquímica foi motivada pela necessidade de superar a aversão a este conteúdo que desenvolvi no ensino médio e até mesmo no decorrer da minha graduação. Além disso, esse foco visa aprimorar minha formação como professor de Química para que eu possa ensinar este conteúdo de uma forma mais envolvente e eficaz no futuro. Destaco ainda que, a partir da realização deste trabalho, possibilito que outros estudantes da graduação em Química também se envolvam nestas reflexões e, com isso, podem ser incentivados a aprender mais e a superar desafios semelhantes.

No ensino médio quando eu tive meu primeiro contato com a eletroquímica, já tive uma certa dificuldade. Isso pode decorrer da forma de trabalhar o conteúdo pelo professor e sua metodologia, que pouco contribuiu para perceber a importância deste estudo. Considero que a abordagem dos conceitos relacionados à eletroquímica foi feita de uma forma bastante superficial e, acredito que isso foi um fator que influenciou na dificuldade que tive durante a graduação. Segundo Sanjuan e colaboradores (2009), a eletroquímica é um assunto de certa maneira complicado para a compreensão dos alunos do ensino médio, desse modo, apresentam dificuldades na aprendizagem destes conceitos, por exigir um raciocínio mais elaborado. Muitos professores tentam estabelecer analogias do mundo macroscópico e outros sequer abordam este conteúdo devido a sua dificuldade, ou por também não terem uma aproximação no ensino médio e nem na graduação da licenciatura.

No decorrer na minha graduação tive alguns contatos com matérias que de certa maneira abordavam a eletroquímica, primeiramente com a Química Geral II, em que se fazia um estudo não aprofundado de temas da eletroquímica conforme a ementa da disciplina: reações redox, balanceamentos de reações de oxirredução, células voltaicas, espontaneidades de reações redox, baterias, pilhas, corrosão e eletrólise. Nesses momentos iniciais da graduação, já enfrentei uma dificuldade nos conteúdos, pois tentava lembrar o que eu aprendi no ensino médio e percebi que não tive um enfoque significativo destes conteúdos na escola básica.

O segundo momento que a universidade trouxe esses conteúdos, foi na disciplina de Química Analítica Qualitativa, trazendo os seguintes conteúdos, de forma

mais aprofundada conforme a ementa da disciplina: reações de redução e oxidação; potenciais padrão para semirreações; potenciais padrão e energia livre de Gibbs; potenciais padrão e constantes de equilíbrios redox; equação de Nernst e, cálculos de constantes de equilíbrios a partir de potenciais padrão. A terceira disciplina que abordou estes conceitos foi a Química Analítica Quantitativa, conforme a ementa da disciplina: volumetria de óxido-redução: celas galvânicas; potenciais padrões das semirreações; equação de Nernst e cálculo de constantes de equilíbrio redox; curvas de titulação e potencial no ponto de equivalência, indicadores para titulação redox, detecção do ponto final das titulações de oxido-redução, reagentes auxiliares de oxidação e redução. Nesta disciplina, além das aulas teóricas, as atividades experimentais envolviam os conceitos de eletroquímica e, tudo de forma ainda mais aprofundada que nas disciplinas anteriores, fazendo com que as dificuldades foram aumentando à medida que se aprofundavam mais neste tema.

Na disciplina de Físico-Química de Soluções e Eletroquímica, foi a que teve o maior aprofundamento e conseqüentemente as maiores dificuldades enfrentadas por mim na graduação em relação a esse conteúdo. Foi aí de fato que estudamos a eletroquímica propriamente dita, porém foram momentos que pude relacionar os conceitos das teorias aplicadas em situações do meu cotidiano, principalmente com as aulas práticas. Segundo Sanjuan e colaboradores (2009), devido a deficiências na formação dos professores, estes enfrentam dificuldades significativas tanto no domínio do conhecimento químico quanto nas práticas educacionais. Essas lacunas dificultam a implementação de inovações pedagógicas, a criação de novas estratégias de ensino e a utilização de materiais didáticos mais eficazes.

Além das disciplinas, durante minha graduação, atuei como bolsista no Programa Residência Pedagógica (PRP) na cidade de Ituiutaba-MG. Este programa tem como objetivo fomentar a formação de licenciados e proporcionar o aprendizado profissional através da imersão no cotidiano escolar. Nesse contexto, tive a oportunidade de acompanhar a prática docente do conteúdo de eletroquímica em uma turma do 3º ano do ensino médio. Durante essa experiência, observei que os alunos enfrentavam dificuldades semelhantes às que eu mesmo vivenciei durante o ensino médio. No entanto, essa vivência me permitiu desenvolver uma visão mais crítica sobre o ensino e a aprendizagem. Ao observar de perto a dinâmica das aulas, os desafios enfrentados pelos alunos e as estratégias pedagógicas utilizadas, pude refletir sobre a complexidade do processo educacional. Essa experiência me fez

questionar e repensar as abordagens tradicionais de ensino, além de destacar a importância de uma metodologia mais inclusiva e adaptada às reais necessidades dos estudantes. Assim, o programa me possibilitou uma compreensão mais profunda dos aspectos emocionais, cognitivos e sociais que envolvem a aprendizagem, tornando-me mais consciente das lacunas e das oportunidades para promover um ensino mais significativo e eficaz.

Foi de extrema importância a universidade ter me proporcionado participar de diversos momentos da realidade do professor, tanto no PRP quanto nos estágios supervisionados, sendo que nesses momentos estávamos participando ativamente do cotidiano escolar e dessa forma, buscando ampliar minhas interações e, conseqüentemente, aprimorar minha compreensão de diversas realidades escolares. Durante o acompanhamento das aulas, principalmente de eletroquímica como bolsista do PRP, observei que os alunos enfrentavam dificuldades significativas para compreender os conceitos exigidos. Segundo Silva, Martins e Teixeira Júnior (2014), os estudantes da educação básica encontram muitos obstáculos ao estudar os processos de oxirredução, devido à vasta extensão e generalidade dos conceitos químicos envolvidos. Esses desafios incluem o balanceamento e a interpretação de reações químicas, bem como a compreensão do significado de símbolos, fórmulas e íons em reações de oxirredução, além de átomos, elétrons, cátions e ânions, entre outros. Conforme Niaz e Chacón (2003 *apud* Freire, Silva Júnior e Silva, 2011), os tópicos relacionados à eletroquímica são frequentemente considerados por professores e alunos do ensino médio como um dos mais desafiadores no processo de ensino-aprendizagem.

Com esse trabalho busco compreender e investigar as concepções de futuras professoras em relação a eletroquímica, pois ao fazer uma pesquisa na literatura, não se encontram trabalhos que discutam as concepções e os conhecimentos de futuras professoras relacionados a eletroquímica.

Este trabalho está estruturado em cinco seções distintas. A primeira seção, intitulada "Introdução", aborda a origem da proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso, incluindo um relato detalhado da trajetória acadêmica que influenciou a escolha do tema. A segunda seção é dedicada à revisão da literatura, com foco na revista "Química Nova na Escola", sobre o campo da eletroquímica. Nela, são apresentadas as práticas experimentais, estratégias e metodologias de ensino, além das dificuldades conceituais associadas a este conteúdo. A terceira seção descreve a

metodologia empregada para a coleta e análise dos dados desta pesquisa. Na quarta seção, são apresentados os resultados obtidos, baseados em uma análise crítica das entrevistas realizadas, com fundamentação nos conceitos científicos pertinentes. Por fim, a quinta seção contém as considerações finais do trabalho, abordando as respostas para os questionamentos formulados inicialmente.

2- REVISÃO DA LITERATURA

Considero importante analisar três aspectos sobre o ensino de Eletroquímica: i) como o conceito é abordado na educação básica, ii) a origem histórica deste conceito e, iii) o que tem sido investigado sobre os processos de ensino e aprendizagem relacionados à eletroquímica. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura, em dois locais: o livro didático de Química – para verificar a abordagem de eletroquímica na educação básica e os artigos científicos publicados na revista Química Nova na Escola (QNEsc) sobre a história do conceito e os processos de ensino e aprendizagem.

2.1. O conceito de Eletroquímica na educação básica

Para elaboração deste tópico, decidi utilizar o livro didático que usei no meu ensino médio, o livro “Química Cidadã” dos autores e coordenadores Wildson Santos e Gerson Mól. O livro em questão possui 6 capítulos, sendo o responsável, por abordar os conteúdos de eletroquímica No capítulo 5 que se intitula “Oxirredução e eletroquímica”.

O capítulo se inicia falando sobre metais, sociedade e ambiente, destacando a parte de reciclagem de metais como uma alternativa ambiental. Em seguida o livro aborda as propriedades dos metais, falando de brilho e cor, maleabilidade e ductilidade, condutibilidade térmica e elétrica, temperatura de fusão, densidade, dureza e as propriedades químicas. Ressaltando que o livro sempre aborda os aspectos dos cotidianos para facilitar o entendimento dos alunos. Por fim nessa parte dos metais o livro termina falando rapidamente sobre as ligas metálica.

Assim a partir do tópico 4 que ele inicia de fato o conteúdo de eletroquímica. Começa com a abordagem de reações de oxirredução, trazendo que o processo metalúrgico é fundamental na obtenção de metais, que envolve a redução dos minérios, normalmente na forma de sais ou óxidos, para sua forma elementar. Durante esse processo, ocorre também a corrosão, onde os metais reagem com o oxigênio, resultando na formação de óxidos e causando deterioração estrutural (Santos; Mól, 2016).

As reações químicas que envolvem oxigênio são historicamente denominadas reações de oxidação, enquanto as que envolvem a perda de oxigênio são chamadas de reações de redução. Atualmente, entende-se que a oxidação se refere à perda de elétrons, enquanto a redução corresponde ao ganho de elétrons. Esses dois processos sempre ocorrem simultaneamente: enquanto uma espécie química cede elétrons, outra os recebe. A oxidação resulta em uma modificação no número de elétrons das espécies envolvidas (Santos; Mól, 2016).

Um exemplo clássico é a reação do ferro com oxigênio, esta reação pode ser decomposta em duas semirreações: a semirreação de oxidação do ferro: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ e a semirreação de redução do oxigênio: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}$. Nessa reação, o ferro atua como agente redutor, pois perde elétrons, enquanto o oxigênio é o agente oxidante, recebendo elétrons. O conceito de número de oxidação facilita o entendimento das reações de oxirredução, permitindo prever o comportamento dos elementos em diferentes contextos químicos, embora em algumas reações essa transferência não seja direta, mas sim relacionada à formação de novas ligações químicas (Santos; Mól, 2016).

Em seguida o livro aborda o conceito de número de oxidação, que são centrais na eletroquímica e é essencial compreender o papel do número de oxidação (Nox) na determinação de quais espécies são oxidadas e quais são reduzidas. Como mencionado por Santos e Mól (2016), o número de oxidação mostra quantos elétrons os átomos de um elemento químico perdem ou ganham ao formar ligações químicas. (Santos; Mól, 2016, p. 197). Esse conceito é chave para entender como a transferência de elétrons ocorre nos processos eletroquímicos, como em pilhas e eletrólise.

Além disso, os autores destacam a diferença no comportamento do número de oxidação em ligações iônicas e covalentes. No caso das ligações iônicas, esse número indica a quantidade de elétrons que o átomo cedeu ou ganhou (Santos; Mól, 2016, p. 198). Por exemplo, no processo de formação do cloreto de sódio (NaCl), o sódio se oxida, aumentando seu Nox de 0 para +1, enquanto o cloro se reduz, com Nox de 0 para -1. Este tipo de análise é crucial para a eletroquímica, uma vez que essas reações de oxirredução são responsáveis pelos fluxos de elétrons nos sistemas eletroquímicos, como nas baterias e nos processos de corrosão.

Nas reações de oxirredução, o conceito de Nox também é relevante. Santos e Mól (2016) citam o exemplo da reação entre ferro e ácido clorídrico, na qual o Nox

do ferro passa de 0 para +2, indicando sua oxidação. Já o íon hidrogênio (H^+) é reduzido, com seu Nox mudando de +1 para 0 ao formar o gás hidrogênio (H_2). Como os autores observam, "nessa ligação, os átomos de cloro atraem mais fortemente os elétrons compartilhados com os átomos de hidrogênio" (Santos; Mól, 2016, p. 198). Isso mostra como a eletronegatividade afeta a distribuição de elétrons, o que é importante na eletroquímica ao prever o comportamento das espécies em soluções eletrolíticas.

Portanto, o conteúdo do livro deixa claro que a compreensão das variações no número de oxidação é central para entender os processos eletroquímicos. As reações de oxidação e redução são, afinal, a base dos fenômenos estudados na eletroquímica, como a produção de corrente elétrica nas pilhas e a deposição de metais nos processos de galvanoplastia. Assim, a análise detalhada dos exemplos de oxirredução apresentados por Santos e Mól (2016) oferece uma base sólida para a aplicação desses conceitos no contexto da eletroquímica.

No próximo tópico, o livro aborda o conceito de balanceamento de equações de reações de oxirredução, ao discutir que o balanceamento de equações químicas permite determinar as proporções adequadas de substâncias. Segundo Santos e Mól (2016), "os químicos precisam saber exatamente que reações acontecem e quais são suas equações balanceadas" (Santos; Mól, 2016, p. 201). Nessas reações, é necessário garantir que a quantidade de elétrons cedidos pelo agente redutor seja igual à recebida pelo agente oxidante, o que é essencial para os processos eletroquímicos. O exemplo da obtenção do manganês a partir de MnO_2 destaca a redução do manganês de Nox +4 para 0, enquanto o carbono é oxidado de 0 para +2. Isso ilustra a troca de elétrons, essencial nas reações eletroquímicas: "O manganês é reduzido de +4 para zero [...] o carbono é oxidado de zero para +2" (Santos; Mól, 2016, p. 201).

Outro exemplo importante é a produção de ferro a partir de Fe_2O_3 , onde o ferro é reduzido e o carbono é oxidado. Esse processo exemplifica a aplicação da Lei de Lavoisier, conforme destacado pelos autores, que afirmam que a quantidade de elétrons ganha deve ser igual à quantidade de elétrons cedida (Santos; Mól, 2016, p. 202). Isso reflete diretamente nos princípios de conservação de massa e no equilíbrio em reações redox, conceitos fundamentais para a eletroquímica.

No sétimo tópico desse capítulo, o livro explora o conceito de reações de oxirredução e sua aplicação em pilhas eletroquímicas, um tema central na

eletroquímica. Nas pilhas, ocorrem transferências de elétrons entre substâncias, criando um fluxo de eletricidade sem a necessidade de energia externa. Segundo Santos e Mól (2016), "essas reações podem ser utilizadas para gerar eletricidade em sistemas denominados pilhas eletroquímicas" (Santos; Mól, 2016, p. 203), e permitem a conversão de energia química em energia elétrica, fundamental para o funcionamento de dispositivos eletroquímicos.

O texto explica que, ao separar as reações de oxidação e redução em eletrodos diferentes, os elétrons liberados pela substância oxidada são direcionados através de um circuito, gerando corrente elétrica. Esse processo é detalhado ao se analisar o comportamento de íons cobre e metais como o zinco e o ferro, onde os elétrons são trocados entre as espécies químicas, resultando em reações espontâneas. Segundo Santos e Mól (2016), essas reações de oxirredução acontecem de forma simultânea, ou seja, enquanto alguns átomos se oxidam, outros são reduzidos. (Santos; Mól, 2016, p. 205), reforçando o princípio da simultaneidade nesses processos.

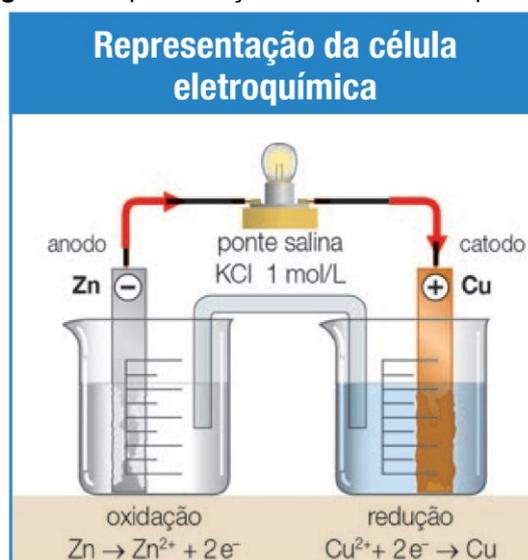
Essas reações podem ser representadas por meio de equações de semirreações, como observado na figura 1, da redução do cobre metálico e da corrosão da palha de aço ou do clipe de zinco. O cobre metálico pode ser oxidado, perdendo elétrons, enquanto o ferro ou o zinco é oxidado, formando íons Fe^{2+} ou Zn^{2+} , respectivamente. Como destacado, "o cobre metálico tem menor tendência de se oxidar do que o ferro e o zinco metálicos" (Santos; Mól, 2016, p. 206), o que explica a ordem de reatividade desses metais e sua utilização em dispositivos eletroquímicos.

A análise do comportamento das substâncias durante a oxidação e redução é fundamental para entender como funcionam as pilhas e outros dispositivos eletroquímicos. Esses sistemas permitem a geração de energia a partir de reações químicas, contribuindo para a aplicação prática da eletroquímica em diversas áreas, como a produção de eletricidade em dispositivos portáteis.

No próximo tópico o livro explora o funcionamento da pilha eletroquímica de Daniell, um exemplo clássico que ilustra as reações de oxirredução essenciais para a geração de corrente elétrica. A configuração da pilha, composta por eletrodos de cobre e zinco imersos em suas respectivas soluções de sulfato, como mostrado na figura 1, ilustra a diferença na tendência dos metais em ceder ou receber elétrons, o que é essencial para o processo eletroquímico. O zinco, ao ser oxidado, cede elétrons, enquanto o cobre, ao ser reduzido, recebe elétrons, gerando o fluxo de corrente elétrica entre os eletrodos.

Como afirmam Santos e Mól, "a diferença de tendência entre os metais para perder ou ganhar elétrons é essencial para a geração de corrente elétrica" (Santos; Mól, 2016, p. 207).

Figura 1: Representação da célula eletroquímica.



Fonte: Santos; Mól, 2016, p. 207.

No eletrodo de cobre, a redução dos íons Cu^{2+} ilustra como os elétrons são recebidos, aumentando a massa da placa. Em contraste, a oxidação do zinco revela como os átomos perdem elétrons, resultando na formação de íons Zn^{2+} e na corrosão do eletrodo. Este processo interdependente evidencia a simultaneidade das reações de oxidação e redução, essencial para a compreensão das pilhas eletroquímicas (Santos; Mól, 2016).

A manutenção do equilíbrio de cargas nas soluções é outro aspecto crucial. À medida que os íons Cu^{2+} são reduzidos e os íons Zn^{2+} se formam, surge um desequilíbrio que poderia comprometer a operação da pilha. A introdução da ponte salina é vital nesse contexto, pois permite a migração de íons e a manutenção da neutralidade nas soluções, garantindo a continuidade das reações de oxirredução. Este conceito é fundamental para entender o funcionamento das pilhas (Santos; Mól, 2016).

Adicionalmente, o fluxo de elétrons entre os eletrodos, gerando corrente elétrica, é um ponto interessante que destaca a aplicabilidade prática da pilha. O movimento de elétrons do ânodo (onde ocorre a oxidação) para o cátodo (onde ocorre a redução) é crucial para compreender como a energia química é convertida em trabalho, como, por exemplo, acender uma lâmpada. A descrição desse fluxo é

essencial para o entendimento da dinâmica das pilhas eletroquímicas (Santos; Mól, 2016).

O livro aborda a representação das células eletroquímicas, ressaltando que, embora suas composições possam variar, o princípio básico das reações de oxirredução permanece constante. A pilha de Daniell exemplifica esses princípios e pode ser aplicada a diversos modelos de pilhas modernas, reafirmando sua relevância no estudo da eletroquímica (Santos; Mól, 2016).

Também trata o conceito de potencial-padrão de redução, fundamental para entender o funcionamento de pilhas eletroquímicas. A interação entre diferentes metais e sua tendência de oxidar ou reduzir depende do contexto em que estão inseridos. Segundo Santos e Mól (2016), "a tendência de doar ou receber elétrons de um metal depende do outro ao qual está ligado: é relativa" (p. 208). Essa relatividade é essencial para determinar o funcionamento de uma pilha, pois os metais com alta reatividade, como sódio e potássio, reagem facilmente, enquanto metais nobres, como ouro e prata, têm baixa tendência a se oxidar.

Além disso, a quantidade de corrente elétrica gerada por uma célula eletroquímica depende dos eletrodos utilizados. Como destacado no texto, "uma célula formada por um metal com muita facilidade de se oxidar, combinada com um eletrodo de metal com muita facilidade de se reduzir, produzirá uma corrente elétrica maior" (Santos; Mól, 2016, p. 208).

O conceito de potencial padrão de eletrodo (E°) é outro aspecto crucial abordado. Santos e Mól explicam que "a capacidade relativa de uma espécie química de reduzir ou de oxidar é definida a partir de escalas de potencial de redução ou potencial de oxidação" (Santos; Mól, 2016, p. 209). Compreender esses potenciais é vital para prever como diferentes substâncias reagirão em um sistema eletroquímico.

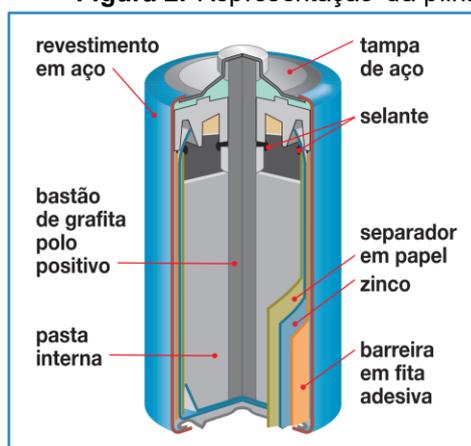
O tópico posterior, aborda os conceitos de tipos de pilhas e baterias, destacando suas características essenciais e tipos mais comuns. De acordo com Santos e Mól (2016), "pilha é uma célula constituída por duas semicelas, uma é o ânodo e a outra, o cátodo", enquanto a bateria "é um conjunto de células ligadas em série ou paralelo, intercalando pares ânodo-cátodo" (p. 216). Assim, as baterias são, essencialmente, um conjunto de pilhas conectadas em série, e seu potencial elétrico é a soma dos potenciais de cada par ânodo e cátodo. Caso a bateria tenha for um conjunto ligado em paralelo mantém a voltagem e aumenta a capacidade.

Um ponto de destaque no texto é a classificação das pilhas em primárias e secundárias. As pilhas primárias, como afirmam os autores, "já vêm carregadas, não podem ser recarregadas e são descartadas quando se esgotam", enquanto as pilhas secundárias "precisam ser carregadas antes de serem usadas pela primeira vez e podem ser reutilizadas porque são recarregáveis" (Santos; Mól, 2016, p. 216). A distinção entre esses tipos de pilhas é importante, especialmente considerando o impacto ambiental das pilhas descartáveis e a busca por alternativas recarregáveis mais sustentáveis.

A busca por melhorias na indústria de pilhas é um aspecto relevante do texto, enfatizando a necessidade de desenvolver produtos que sejam pequenos, eficientes, não poluentes e acessíveis. De acordo com os autores, a indústria foca em otimizar três características principais das pilhas: energia específica, densidade de energia e densidade de potência, a *energia específica* refere-se à quantidade de energia por quilograma, sendo medida em quilowatt-hora por quilograma ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$), já a *densidade de energia* corresponde à quantidade de energia por quilograma, expressa em quilowatt-hora por litro ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{L}^{-1}$), por fim, a *densidade de potência* é a quantidade de energia por litro, medida em watt por litro ($\text{W} \cdot \text{L}^{-1}$) (Santos; Mól, 2016, p. 217), esses são os fatores que influenciam diretamente o desempenho e a viabilidade comercial desses dispositivos.

Exemplos de pilhas comerciais, como a pilha seca de zinco-carbono e a pilha alcalina, são explorados no texto, mostrando suas evoluções e aplicações práticas. A pilha seca de zinco-carbono, inventada em 1860, é barata e amplamente utilizada em equipamentos portáteis, com um potencial de 1,55 V (Santos; Mól, 2016, p. 217). Já as pilhas alcalinas, que utilizam um eletrólito alcalino para aumentar a durabilidade, são uma melhoria significativa em relação ao modelo original de Leclanché.

Figura 2: Representação da pilha seca de zinco-carbono.



◀ A **pilha seca** tem como vantagens o baixo custo e a não utilização de material tóxico. As desvantagens são o fato de não ser reciclada, possuir vida útil curta e apresentar risco de vazamento.

Fonte: Santos; Mól, 2016, p. 217.

Por fim, o texto também aborda as pilhas recarregáveis, com destaque para as pilhas de níquel-cádmio e níquel-metal-hidreto (NiMH). As pilhas de níquel-cádmio, embora baratas, sofrem com o "efeito memória", que afeta sua capacidade de carga, o que levou ao seu gradual substituição por pilhas de NiMH, que "oferecem maior tempo de vida, maior capacidade e suportam mais recargas" (Santos; Mól, 2016, p. 218). Essas pilhas são atualmente as mais usadas no mercado, representando um avanço tecnológico e ambiental significativo.

Dessa forma, o texto ilustra a evolução tecnológica das pilhas e baterias, destacando as inovações que buscam atender às demandas por produtos mais eficientes e ambientalmente responsáveis, enquanto explora seus princípios químicos fundamentais.

Em seguida fala sobre as pilhas de íons de lítio que são amplamente utilizadas em modernos aparelhos eletrônicos. Segundo Santos e Mól (2016), essas baterias, conhecidas comercialmente como Lítio-Íon, possuem maior tecnologia envolvida na sua produção, sendo as mais vantajosas do mercado, devido à sua longa vida útil e maior capacidade de carga. "Essas baterias podem ser projetadas para ter tamanhos e massa reduzidos, já que empregam, na sua fabricação, materiais de baixa densidade" (Santos; Mól, 2016, p. 219). Embora seu preço seja mais elevado, a durabilidade justifica o investimento.

No que tange às pilhas miniaturas, a crescente demanda por equipamentos portáteis tem levado a indústria a desenvolver pilhas cada vez menores. No entanto, "a miniaturização das baterias ainda é um dos maiores entraves para a indústria reduzir as dimensões dos eletrônicos" (Santos; Mól, 2016, p. 219). Muitos dispositivos

ainda não podem utilizar baterias ambientalmente mais seguras, pois algumas contêm metais pesados, como o mercúrio. "O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabelece limites para a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias, sendo que, no caso das pilhas miniaturas que utilizam mercúrio, o limite é de até 25 mg por pilha" (Santos; Mól, 2016, p. 219).

As baterias de chumbo-ácido são outro exemplo significativo, especialmente no contexto automotivo. Inventadas por Raymond Gaston Planté em 1859, essas baterias "são compostas por pilhas de chumbo-ácido que fornecem altas correntes, o que permite dar partida nos motores dos veículos" (Santos; Mól, 2016, p. 220). Embora essas baterias sejam eficientes, "o elevado peso e o risco de contaminação ambiental, devido ao chumbo presente, são desvantagens importantes" (Santos; Mól, 2016, p. 220). No entanto, sua grande vantagem reside na possibilidade de reversão das reações, permitindo sua recarga por meio da aplicação de uma corrente elétrica inversa.

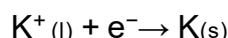
Já as células de combustível, uma inovação mais recente, geram eletricidade a partir de reações químicas contínuas, sendo uma tecnologia promissora para naves espaciais e veículos. "As células de combustível convertem hidrogênio e oxigênio em água, gerando eletricidade com eficiência energética superior à dos motores a combustão" (Santos; Mól, 2016, p. 221). Embora ainda não viáveis para uso em larga escala, essas baterias têm potencial para revolucionar o setor de transporte, especialmente por sua baixa emissão de poluentes, já que o único resíduo gerado é a água.

O conceito de eletrólise é abordado no tópico 11. Muitas reações químicas ocorrem em células eletroquímicas, transformando energia química em energia elétrica. Como afirmam Santos e Mól (2016), "dessa forma, pode-se converter energia química em energia elétrica" (p. 225). A questão que surge é se a energia elétrica pode gerar reações químicas.

Nas pilhas, reações espontâneas geram corrente elétrica, enquanto a eletrólise utiliza corrente elétrica para induzir reações não espontâneas. Santos e Mól (2016) definem eletrólise como "o processo de indução de reações químicas de oxidação e redução não espontâneas" (p. 227).

Na eletrólise aquosa, a água e o eletrólito competem entre si, enquanto na eletrólise ígnea, apenas os íons da substância fundida estão presentes, permitindo a extração de metais de minérios. Por exemplo, na eletrólise do brometo de potássio

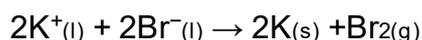
(KBr), o processo ocorre em duas etapas principais. No cátodo, o íon potássio K^+ é reduzido, recebendo elétrons e formando potássio metálico K sólido:



No ânodo, o íon brometo Br^- é oxidado, liberando elétrons e formando bromo gasoso Br_2 :



A reação global da eletrólise do brometo de potássio é:



Dessa forma, a eletrólise do KBr resulta na produção de potássio metálico no cátodo e bromo gasoso no ânodo, com a transferência de elétrons que caracteriza as reações de oxirredução (Santos; Mól, 2016, p. 227).

A eletrólise é essencial na produção de alumínio a partir do minério bauxita, onde uma corrente elétrica gera alumínio fundido e oxigênio, conforme: $Al_2O_3 \rightarrow Al + O_2$ (Santos; Mól, 2016). Além disso, a eletrólise do cloreto de sódio fundido produz sódio metálico e gás cloro, sendo crucial que esses produtos não se encontrem.

A eletrodeposição, que usa corrente elétrica para revestir objetos com metais, é uma solução econômica para proteger metais mais baratos, como o ferro, contra corrosão. Os autores mencionam que “o objeto a ser revestido constitui o cátodo” (Santos; Mól, 2016, p. 228). Essa técnica é amplamente utilizada em joias e peças industriais, demonstrando sua importância na proteção contra corrosão.

O livro discute também sobre a proteção catódica contra a corrosão destacando que a corrosão é um fenômeno natural que compromete estruturas metálicas, levando os metais a retornarem à forma de seus minérios, como óxidos ou sais. Segundo Santos e Mól (2016, p. 228), “a corrosão de estruturas metálicas tem custo econômico enorme”, estimando em bilhões de dólares anuais a substituição de peças corroídas. O estudo da corrosão é crucial para engenheiros que conservam equipamentos em ambientes severos, como altas temperaturas e pressões.

O ferro é um dos metais mais afetados pela corrosão, que ocorre na presença de oxigênio e água. Quando exposto a esses elementos, o ferro se oxida, formando íons que, em conjunto com a água e o oxigênio, resultam em ferrugem, composta principalmente por óxido de ferro (III) hidratado ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Os autores afirmam que a ferrugem tem uma coloração marrom-avermelhada, sendo caracterizada por sua estrutura porosa e sua fragilidade (Santos; Mól, 2016, p. 229).

Uma estratégia eficaz para evitar a corrosão é o revestimento dos materiais com camadas protetoras, como esmaltes ou zarcão, ou através da eletrodeposição com metais mais resistentes. A proteção catódica é uma técnica que consiste em colocar um metal que se oxida mais facilmente em contato com o ferro, evitando a corrosão. O zinco é frequentemente utilizado como ânodo de sacrifício, que pode ser aplicado por galvanização ou fixação ao material. Essa abordagem é destacada no capítulo ressaltando a importância dessa técnica para prolongar a vida útil das estruturas metálicas (Santos; Mól, 2016, p. 229).

Estruturas metálicas, especialmente aquelas em contato com água e terra, necessitam de proteção catódica. Exemplos incluem torres de transmissão e tubulações subterrâneas, onde essa técnica é fundamental para garantir a durabilidade (Santos; Mól, 2016).

Fala também sobre a purificação de metais, no qual através da eletrólise controlada que é uma técnica eficaz para a purificação de metais, como o cobre. Assim, “o cobre com 99% de pureza é colocado no ânodo, e uma corrente é aplicada para depositá-lo no cátodo” (Santos; Mól, 2016, p. 230). Embora o processo seja lento, o valor dos subprodutos, como ouro e prata, pode cobrir os custos.

Por fim como último conteúdo de eletroquímica, discute sobre os aspectos quantitativos da eletrólise: a Lei de Faraday que destaca a relação entre a quantidade de corrente e a massa de metal depositada foi descrita por Michael Faraday, que estabeleceu que “a quantidade de uma substância depositada eletroliticamente é proporcional à quantidade de carga elétrica (Q)” (Santos; Mól, 2016, p. 231). A Primeira Lei de Faraday é expressa pela equação $m=k \cdot Q$, onde “m” representa a massa da substância e “Q” a carga elétrica e k é uma constante de proporcionalidade

Faraday determinou que a constante de Faraday, F, é aproximadamente 96.485 coulombs por mol de elétrons, estabelecendo uma relação entre a carga elétrica transferida por mol de elétrons e os processos eletroquímicos (Santos; Mól, 2016).

E assim se conclui o conteúdo de eletroquímica do livro, observa-se que é um conteúdo muito extenso e bem detalhado, analisando o livro, observa-se também que ele faz um resgate do cotidiano dos alunos, elencando assuntos do dia a dia, assim, trazendo mais para perto da realidade deles os conteúdos de química. Nota-se também que o livro apresenta alguns experimentos de fáceis realizações, com materiais de fácil aquisição, além dos experimentos, o livro aborda muitos exercícios

de fixação, fazendo assim com que o aluno, aplique seus conhecimentos construídos no decorrer das matérias.

2.2. Resgate histórico sobre o conceito de Eletroquímica

Um estudo realizado por Cebulski e Matsumoto (2009) destaca que a inclusão da História da Química no currículo escolar permite que os alunos compreendam melhor as teorias e os contextos históricos em que os conceitos químicos foram desenvolvidos. Essa abordagem não apenas ajuda a superar visões simplistas da ciência, mas também promove uma aprendizagem mais significativa ao conectar o conhecimento químico com o progresso histórico da disciplina.

Além disso, Barp (2013) argumenta que a história da ciência não deve ser vista como um mero diletantismo, mas como uma ferramenta essencial para a formação de uma visão abrangente da Química. A inserção de elementos históricos e filosóficos no ensino pode ajudar os alunos a desenvolver uma perspectiva crítica e reflexiva sobre a ciência, entendendo-a como um processo dinâmico e humano, repleto de avanços e retrocessos

Por fim, Callegario e colaboradores (2015) afirmam que a abordagem histórica favorece a aprendizagem de conceitos científicos e oferece uma visão mais adequada da natureza da ciência. Eles ressaltam que ao utilizar a História como ferramenta pedagógica, é possível humanizar o ensino de Química, mostrando aos alunos que a ciência é um produto do esforço humano e está intimamente ligada ao contexto social e cultural.

A eletroquímica, ramo da química que estuda as interações entre fenômenos elétricos e reações químicas, teve um desenvolvimento significativo no final do século XVIII, marcado pela invenção da pilha elétrica por Alessandro Volta. Este avanço não apenas revolucionou a ciência da época, mas também foi palco de uma célebre controvérsia com Luigi Galvani, cujas descobertas iniciais sobre a eletricidade animal foram fundamentais para o progresso da eletroquímica (Tolentino; Rocha-Filho, 2000).

Alessandro Volta, físico italiano nascido em 1745, é amplamente reconhecido pela invenção da primeira pilha elétrica em 1800. Este dispositivo, conhecido como “pilha de Volta”, consistia em discos alternados de zinco e cobre separados por pedaços de papelão embebidos em solução salina. A inovação de Volta permitiu a geração contínua de corrente elétrica, um feito que não havia sido alcançado anteriormente (Tolentino; Rocha-Filho, 2000).

A motivação para a criação da pilha elétrica surgiu em parte das observações de Luigi Galvani, um médico e anatomista italiano, que em 1780 descobriu que as pernas de rãs mortas se contraíam quando tocadas por metais diferentes. Galvani interpretou este fenômeno como prova da existência de uma “eletricidade animal” inerente aos tecidos vivos (Tolentino; Rocha-Filho, 2000). Esta interpretação foi contestada por Volta, que acreditava que as contrações observadas por Galvani eram devidas ao contato entre dois metais diferentes, gerando eletricidade através de uma reação química.

A controvérsia entre Volta e Galvani foi intensa e produtiva. Enquanto Galvani defendia a ideia de que a eletricidade era gerada pelos próprios tecidos animais, Volta demonstrou que a eletricidade podia ser gerada independentemente de qualquer tecido vivo, utilizando apenas metais e soluções condutoras. Em 1791, Volta publicou suas descobertas, argumentando que a eletricidade observada por Galvani era, na verdade, resultado de uma reação química entre os metais e o fluido condutor (Tolentino; Rocha-Filho, 2000).

A invenção da pilha de Volta teve um impacto profundo na ciência e na tecnologia. Ela não apenas forneceu uma fonte contínua de corrente elétrica, mas também abriu caminho para o desenvolvimento de novas áreas de pesquisa, como a eletroquímica e a eletrônica. A pilha de Volta foi um dos primeiros dispositivos a demonstrar a conversão direta de energia química em energia elétrica, um princípio que é fundamental para muitas tecnologias modernas, incluindo baterias e células de combustível (Tolentino; Rocha-Filho, 2000).

Em conclusão, a invenção da pilha elétrica por Alessandro Volta no final do século XVIII foi um marco na história da eletroquímica. A controvérsia com Luigi Galvani não apenas destacou a importância das reações químicas na geração de eletricidade, mas também impulsionou avanços significativos na compreensão dos fenômenos elétricos. As contribuições de Volta e Galvani continuam a ser reconhecidas como fundamentais para o desenvolvimento da ciência moderna.

2.3. As pesquisas sobre os processos de ensino e de aprendizagem de Eletroquímica

Para esta parte da revisão da literatura, analisei as publicações na revista Química Nova na Escola nos dez últimos anos (2014-2024), essa escolha dessa

revista foi feita pelo motivo de que ela seja uma das mais influentes da área do ensino de química. Então foram feitas buscas artigos que abordam conceitos relacionados à eletroquímica, a fim de buscar entender o que se tem pesquisado referente aos processos de ensino e de aprendizagem. Para se fazer as buscas utilizou-se palavras chaves para filtrar as pesquisas, palavras como *eletroquímica*, *ensino* e *metodologias*, foram utilizadas.

O artigo “Uma Abordagem Alternativa para o Ensino de Eletroquímica Focada na Reatividade de Metais” apresenta uma proposta didática alternativa para o ensino de eletroquímica, focada na reatividade dos metais. A metodologia envolve a problematização e a experimentação investigativa, aplicada a alunos do ensino médio. A proposta foi desenvolvida por um grupo de estudos e avaliada com 67 alunos, mostrando resultados positivos na compreensão dos conceitos científicos abordados. A atividade prática inclui a construção de uma série eletroquímica dos metais, onde os alunos observam e registram as reações de diferentes metais com soluções de íons metálicos. Os resultados são discutidos em termos de potencial de redução e reatividade relativa dos metais, proporcionando uma compreensão mais profunda dos conceitos de eletroquímica (Fragal *et al.*, 2011).

O artigo “A História da Ciência em Livros Didáticos de Química: A Eletroquímica em Foco” investiga como a história da ciência, especificamente a eletroquímica, é apresentada em cinco livros didáticos de química do ensino médio. A análise textual revelou uma abordagem precária da história da ciência, destacando a necessidade de uma inclusão mais adequada para promover a alfabetização científica e superar concepções ingênuas sobre a natureza da ciência. O estudo sugere que a inclusão de contextos históricos e biográficos pode enriquecer o ensino de eletroquímica, tornando-o mais interessante e relevante para os alunos. Exemplos de cientistas e descobertas importantes na área de eletroquímica são discutidos, enfatizando suas contribuições para o desenvolvimento da ciência (Pitanga *et al.*, 2014).

O artigo “Metodologias Ativas e Colaborativas: Uso de Materiais Simples para o Ensino de Eletroquímica” propõe uma metodologia experimental investigativa para o ensino de eletroquímica, utilizando materiais de baixo custo, como limões e batatas, para construir pilhas bioquímicas. A abordagem visa desenvolver habilidades e competências de forma ativa, colaborativa e interativa, promovendo uma aprendizagem significativa entre os alunos. A metodologia foi aplicada a alunos do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Sergipe, que puderam entender

conceitos fundamentais de eletroquímica através da experimentação prática. Os alunos trabalharam em grupos para montar e testar suas pilhas, registrando dados e discutindo os resultados em termos de potencial elétrico e eficiência das pilhas construídas (Santos *et al.*, 2018).

O estudo “Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube – estudo de caso no IFMG - Campus Ouro Preto” avalia a capacidade de escolha e o aprendizado de alunos do 3º ano do ensino médio ao utilizarem videoaulas no YouTube para aprender eletroquímica. Os resultados indicam que a qualidade das videoaulas varia significativamente, e a capacidade dos alunos de escolher bons conteúdos está frequentemente associada à popularidade dos canais (Ferraz Filha, Oliveira e Fonseca, 2020).

O artigo “Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica” propõe a utilização da galvanização como uma técnica didática para ensinar eletroquímica. Através da eletrólise, os alunos aprendem conceitos fundamentais de eletroquímica, estabelecendo conexões entre o conhecimento científico e o mundo material. A abordagem visa aumentar o interesse dos alunos pela ciência e tecnologia. A atividade prática envolve a galvanização de pregos de ferro, onde os alunos observam a deposição de zinco sobre o ferro e discutem os processos de oxidação e redução envolvidos. Os resultados são analisados em termos de eficiência da galvanização e proteção contra corrosão, proporcionando uma compreensão prática dos conceitos de eletroquímica (Andrade; Zimmer, 2021).

O artigo “Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação” descreve uma atividade experimental para o ensino de eletroquímica no ensino médio, utilizando um kit de baixo custo para explorar reações de oxidorredução e complexação. A atividade visa facilitar a compreensão dos alunos sobre eletroquímica, conectando teoria e prática de maneira eficaz. Os alunos realizam experimentos para determinar a constante de formação (K_f) do íon complexo $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, observando as mudanças de cor e medindo o potencial elétrico das soluções. Os resultados são comparados com valores da literatura, e os alunos discutem a importância dos equilíbrios simultâneos na compreensão dos processos eletroquímicos (Silveira *et al.*, 2011).

O artigo “Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos” explora as concepções dos alunos sobre células eletroquímicas e sua aplicação no cotidiano. Através de experimentos de deposição química e eletrodeposição, os alunos desenvolvem uma compreensão mais profunda dos processos eletroquímicos, superando concepções alternativas e senso comum. A atividade prática envolve a construção de células galvânicas e eletrolíticas, onde os alunos observam a deposição de metais em diferentes eletrodos e discutem os processos de oxidação e redução envolvidos. Os resultados são analisados em termos de eficiência e aplicabilidade das células eletroquímicas no cotidiano, proporcionando uma compreensão prática dos conceitos de eletroquímica (Barreto, Batista e Cruz, 2017).

O artigo “Redução Eletroquímica de CO₂: Refazendo Nossas Pegadas de Carbono” discute a técnica de redução eletroquímica de CO₂ (RECO₂) como uma solução para mitigar as mudanças climáticas. A RECO₂ converte CO₂ em moléculas de valor agregado para a indústria química e de combustíveis, contribuindo para o controle das alterações climáticas e promovendo a sustentabilidade. A pesquisa destaca os avanços tecnológicos recentes e as perspectivas futuras para a aplicação desta técnica em larga escala. Os autores discutem os desafios técnicos e econômicos da RECO₂, bem como as possíveis aplicações industriais e ambientais, enfatizando a importância da pesquisa e desenvolvimento contínuos na área de eletroquímica (Ishiki, Lima e Ticianelli, 2022).

O artigo “Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa” apresenta uma abordagem integrada dos conceitos de cinética química e eletroquímica, utilizando experimentos com laranjas para ilustrar as reações de oxirredução. A metodologia visa promover uma aprendizagem significativa, conectando teoria e prática de maneira contextualizada. Os alunos realizam experimentos para medir a velocidade das reações de oxirredução em diferentes condições, observando as mudanças de cor e medindo o potencial elétrico das soluções. Os resultados são discutidos em termos de fatores que afetam a velocidade das reações e a importância da cinética química na compreensão dos processos eletroquímicos (Silva *et al.*, 2016).

O artigo “Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio” apresenta dois kits experimentais contendo pilhas comerciais e células galvânicas alternativas, que podem ser facilmente reproduzidos por professores da Educação Básica, juntamente com seus alunos. O material utilizado para montagem dos kits é

acessível e de baixo custo. A proposta foi desenvolvida tendo como foco uma questão de eletroquímica do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) realizado em 2017. A partir da análise dos microdados do ENEM, foi possível obter as respostas de todos os participantes na prova de Ciências da Natureza do ENEM 2017. Apenas 18,96% acertaram a alternativa correta. A dificuldade normalmente apresentada pelos estudantes do Ensino Médio com o tema eletroquímica fundamentou o desenvolvimento dos kits para auxiliar na compreensão dos conceitos básicos necessários para resolução da referida questão (Diniz *et al.*, 2020).

Os artigos revisados sobre ensino de eletroquímica apresentam elementos comuns, como o foco em metodologias ativas e experimentação prática, visando uma compreensão mais profunda dos conceitos. O uso de atividades investigativas, como a construção de pilhas, células galvânicas e séries eletroquímicas, se destaca como estratégia para conectar teoria e prática, facilitando a aprendizagem dos conceitos. Essas metodologias valorizam o envolvimento dos alunos em atividades colaborativas e interativas, como observado em diferentes estudos (Fragal *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2018). Outro ponto em comum é a análise do potencial de redução e de reatividade dos metais, essencial para a compreensão dos processos de oxidação e redução, que permeia as práticas propostas, tanto no ensino médio quanto no ensino técnico.

Por outro lado, aspectos menos investigados incluem a exploração de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e complexação (Silveira *et al.*, 2011), e a inclusão da história da ciência no ensino de eletroquímica (Pitanga *et al.*, 2014). A investigação de como esses contextos podem enriquecer o entendimento dos conceitos eletroquímicos e fomentar a alfabetização científica é pouco abordada em comparação com as atividades experimentais. Além disso, a análise da eficácia de recursos digitais, como videoaulas no YouTube, no aprendizado autônomo de eletroquímica (Ferraz Filha, Oliveira e Fonseca, 2020) também representa um campo emergente, com poucas pesquisas focadas na capacidade dos estudantes em selecionar conteúdos de qualidade.

3- METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi adotada uma abordagem qualitativa, caracterizada por uma investigação mais aprofundada sobre as experiências e percepções dos participantes em relação ao ensino de eletroquímica. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para fundamentar o estudo sobre o ensino de eletroquímica, estabelecendo o contexto teórico e revisando diferentes pontos de vista apresentados em trabalhos anteriores. Por meio dessa revisão, foi possível formular as variáveis e questões exploradas durante a fase de coleta e análise dos dados.

A pesquisa qualitativa aqui proposta visou priorizar a compreensão do processo, conforme apontado por Lüdke e André (1986), enfatizando a perspectiva dos estudantes de licenciatura em Química. Para alcançar uma análise mais rica e detalhada, foram realizadas entrevistas, nas quais as entrevistadas puderam expressar suas opiniões e dificuldades sobre o tema em questão.

As entrevistas, segundo Minayo (1996), são instrumentos eficazes para coletar tanto dados objetivos quanto subjetivos, abrangendo desde informações factuais até as opiniões e valores pessoais dos participantes. A metodologia de entrevista, conforme Richardson (1999), consiste em um processo interativo, que permite ao pesquisador compreender como os indivíduos interpretam suas experiências e o mundo ao seu redor, enriquecendo a análise qualitativa. Por fim, as entrevistas também seguirão as orientações de Bogdan e Biklen (2010), visando capturar descrições detalhadas diretamente na linguagem das entrevistadas, permitindo que as interpretações emergentes fossem exploradas e discutidas no desenvolvimento das conclusões da pesquisa.

As entrevistas foram conduzidas com estudantes do curso de licenciatura em Química, em uma Instituição de Ensino Superior, em Minas Gerais. Foram selecionadas cinco futuras professoras de Química, que já haviam cursado o conteúdo de eletroquímica em diferentes disciplinas durante sua trajetória acadêmica. A escolha das participantes levou em consideração a disponibilidade de cada uma, com o intuito de compreender suas experiências acadêmicas, a forma como apreenderam os conteúdos de eletroquímica e as dificuldades encontradas no processo de aprendizado.

Para garantir a ética na pesquisa, foi solicitado o consentimento das participantes para a gravação das entrevistas. Conforme orientado por Szymanski, Almeida e Prandini (2008), é fundamental informar ao entrevistado sobre o andamento da entrevista, resguardando seu anonimato e assegurando que ele esteja ciente de que suas falas serão registradas. Além disso, é importante fornecer ao participante a oportunidade de fazer perguntas ao entrevistador, garantindo uma maior transparência no processo. Com o objetivo de preservar a identidade e das entrevistadas, durante a análise das respostas, os nomes foram substituídos por códigos alfanuméricos, sendo utilizados identificadores como A1, A2 até A5.

Essa metodologia de coleta de dados, baseada na entrevista gravada e anonimizada, é uma estratégia eficiente para obter *insights* mais aprofundados sobre as experiências das futuras professoras, garantindo, ao mesmo tempo, a integridade ética da pesquisa (Fraser; Gondim 2004).

Duas entrevistas foram realizadas nas dependências da Instituição de Ensino Superior e três ocorreram de forma remota, via Microsoft Teams, que é uma plataforma de comunicação e colaboração online que permite a criação de equipes e canais para trabalhar em conjunto, onde também é possível realizar as gravações das chamadas. Todas aconteceram em horário previamente combinado com cada participante, de acordo com suas disponibilidades e duraram, em média, vinte minutos cada uma. Para a condução das entrevistas, seguiu-se um roteiro com 6 questões, como apresentado na figura 1, que serviram de base para a coleta dos dados.

A tabela 1 foi elaborada a partir da análise das informações coletadas inicialmente, antes de iniciara entrevista. O objetivo desta tabela é analisar o contexto das relações das entrevistadas com a eletroquímica, em que período estavam no momento da entrevista, quais as disciplinas já tinham cursado até o momento e qual o perfil da escola onde concluiu o ensino médio. Nesta tabela estão organizados os dados referentes ao período em que cada entrevistada ingressou no curso de licenciatura em Química, o tipo de instituição que se formaram no ensino médio (pública ou privada), o período em que cursaram Química Geral II, Química Analítica Quantitativa, Química Analítica Qualitativa, Físico-Química de Soluções e Eletroquímica e, Ensino de Físico-Química – que são as disciplinas que apresentam o conceito de eletroquímica em suas ementas.

| entrevistada | Ingresso na licenciatura | Concluiu o ensino médio em escola... | Química Geral II | Química Analítica Qualitativa | Química Analítica Quantitativa | Físico-Química de Soluções e Eletroquímica | Ensino de Físico-Química |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|
| A1 | 2020/1 | privada | 2020/2 Esp | 2020/1 | 2020/2 | 2024/1 | 2022/2 |
| A2 | 2019/1 | pública | 2019/2 | 2020/1 | 2020/2 | 2022/2 | 2022/2 |
| A3 | 2019/1 | pública | 2019/2 | 2020/1 | 2020/1 | 2021/1 | 2022/2 |
| A4 | 2019/1 | pública | 2019/2 | 2020/1 | 2020/2 | 2022/1 | 2022/2 |
| A5 | 2020/1 | pública | 2020/2 Esp | 2022/1 | 2022/2 | 2024/1 | 2023/2 |

Tabela 1: perfil das entrevistadas

Com essa tabela então podemos perceber que somente a entrevistada A1 concluiu seu ensino médio em uma escola privada; as outras cursaram o ensino médio em escolas públicas. Verifica-se também que, dentre as entrevistadas, somente a A1 e A5 cursaram a disciplina de Química Geral II no período da pandemia, ou seja, no ensino remoto, enquanto isso as entrevistadas A2, A3, A4 cursaram de forma presencial, na mesma turma, ou seja, com o(a) mesmo(a) professor(a). Em relação à disciplina de Química Analítica Qualitativa, a maioria das entrevistadas cursou durante o período do ensino remoto, em 2020/1; somente a entrevistada A5 cursou a disciplina no período regular, em 2022/1. Da mesma forma, as entrevistadas A1, A2, A3 e A4 cursaram a disciplina Química Analítica Quantitativa em 2020/1 e 2020/2, ou seja, durante a pandemia e, apenas A5 cursou no período regular, em 2022/2.

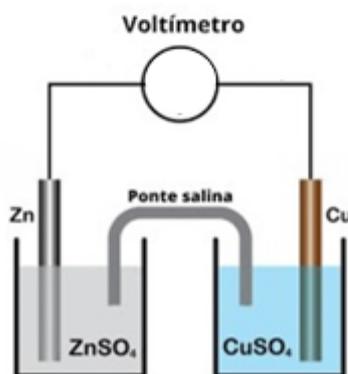
Já a disciplina que tem maior enfoque em eletroquímica, que é Físico-Química de Soluções e Eletroquímica, apenas A3 cursou durante a pandemia, em 2021/1 e, as demais entrevistadas cursaram no período regular. Além disso, verifica-se que esta foi a disciplina que teve maior diversidade de períodos, logo, cada entrevistada cursou com uma turma diferente e, provavelmente, com docentes diferentes – o que possibilita diferentes experiências com esta etapa da formação. Por fim em relação a disciplina de Ensino de Físico-Química, que também aborda o conceito de eletroquímica, mas voltado para os processos de ensino e de aprendizagem na educação básica, somente a A5 cursou a disciplina em um momento diferente das demais entrevistadas, 2023/2. As outras entrevistadas cursaram juntas em 2022/2. O intuito dessa análise foi buscar entender como a eletroquímica fora apresentada para cada uma, em que período, se fizeram juntas ou não e, se foi feito durante o ensino

remoto, o que implica nas diferenciações das respostas e das experiências de cada entrevistada no que diz respeito às aprendizagens relacionadas à eletroquímica.

Todas as entrevistadas estavam numa fase avançada da graduação, ou seja, na época da entrevista, haviam concluído mais de 90% do curso de licenciatura em Química. Nesse contexto, as três primeiras questões aplicadas na entrevista tiveram o objetivo de investigar o nível de familiaridade da futura professora com o tema da eletroquímica, solicitando que ele recordasse suas experiências de aprendizado desse conteúdo desde o período da educação básica. As três questões subsequentes abordavam conceitos químicos que, conforme Freire, Silva Júnior e Silva (2011), estavam associados às dificuldades de aprendizagem, evidenciadas nas "diferentes concepções alternativas dos alunos e nos erros ao resolver problemas e exercícios" (p. 4). Nessas etapas, as futuras professoras revelavam suas dificuldades em situações práticas.

Figura 3: Roteiro das questões que orientaram as entrevistas.

- 1- Caso tenha estudado algum conteúdo de eletroquímica no ensino médio, consegue recordar como foi abordado esse assunto?
- 2- Consegue exemplificar esses conceitos em situações do cotidiano?
- 3- Na universidade, consegue explicar como foram abordados os conteúdos de eletroquímica? Foram de fácil entendimento? Em quais disciplinas?
- 4- Caso você tenha que ministrar uma aula de eletroquímica no ensino médio, teria alguma certa dificuldade em preparar suas aulas? Se sim, quais dificuldades?
- 5- Você acha importante/necessário os alunos do ensino médio terem que aprender sobre esse conteúdo? Justifique sua resposta.
- 6- Explique o que ocorre na pilha de Daniell abaixo. Se achar necessário pode escrever diretamente na imagem.



No que diz a respeito sobre a análise dos resultados, foi realizada uma avaliação detalhada das respostas das futuras professoras, observando atentamente as palavras, frases e expressões que utilizaram, identificando categorias iniciais que possam direcionar a interpretação. O objetivo era entender os significados atribuídos por eles e identificar suas intenções. Durante a análise, focou-se no essencial das ideias principais. Esses critérios seguem os princípios da análise de conteúdo, que busca desmembrar a estrutura e os elementos dos conteúdos para esclarecer suas características e extrair significados. Essa análise permite investigar atitudes, valores, representações e ideologias, entre outros (Laville; Dionne, 1999).

Após essa organização inicial, os dados foram explorados em busca de padrões e relações significativas. Esse processo não é apenas descritivo; ele requer que a interpretação dos dados à luz da teoria e do contexto da pesquisa. Aqui, Laville e Dionne (1999) enfatizam a necessidade de uma postura crítica, na qual o pesquisador questiona continuamente suas próprias interpretações, testando a validade das relações que identifica. Elas argumentam que, para chegar a insights confiáveis, o pesquisador deve dialogar com a literatura existente e, se necessário, ajustar suas categorias e hipóteses.

Os dados coletados foram organizados nas seguintes categorias:

i) *Aprendizagem de eletroquímica no ensino médio*: Foi solicitado que as futuras professoras compartilhassem suas experiências iniciais com a eletroquímica no ensino médio, mencionando o ano em que o conteúdo foi abordado e como foi seu aprendizado. A intenção era avaliar as contribuições desse aprendizado para seus estudos superiores.

ii) *Aprendizado de eletroquímica no ensino superior*: Buscou-se entender como foi a experiência das entrevistadas com a eletroquímica no nível superior, incluindo as disciplinas em que o tema foi tratado e suas impressões sobre as metodologias de ensino utilizadas. Além disso, foi apresentado o exemplo clássico da pilha eletroquímica desenvolvida por John Frederic Daniell. As entrevistadas explicaram seu funcionamento detalhadamente, permitindo a análise das respostas com base nos conceitos científicos

iii) *Aplicação da eletroquímica no cotidiano*: Aqui, a entrevistada foi convidada a identificar onde percebe a presença da eletroquímica em seu dia a dia, analisando a importância desse conteúdo para cada um.

iv) *Dificuldades na elaboração de aulas sobre eletroquímica:* As futuras professoras foram convidadas a imaginar-se ensinando no nível médio e a descrever as dificuldades que enfrentariam ao ensinar eletroquímica, considerando os desafios desse trabalho.

v) *Importância do estudo ensino de eletroquímica no ensino médio:* nesse momento a futura professora, descreveram a importância do ensino de eletroquímica na escola básica, usando argumentos que sustentam a sua fala.

Por fim, a análise culmina em uma síntese, na qual foram organizadas as descobertas de forma que respondam aos objetivos iniciais da pesquisa. Essa síntese foi construída de forma lógica e coerente, conectando as interpretações com as questões teóricas e práticas levantadas no início do estudo. Laville e Dionne (1999) destacam que o processo de análise é, em última instância, um exercício de reflexão metodológica, no qual busca-se construir um saber fundamentado, capaz de contribuir para o entendimento mais profundo do fenômeno investigado. Assim, a análise de dados não é apenas um conjunto de técnicas, mas um processo crítico de construção de conhecimento.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aprendizagem de eletroquímica no ensino médio.

Para obter informações sobre como as entrevistadas tiveram contato com o conteúdo de eletroquímica durante o ensino médio, foi formulada a seguinte pergunta, visando colher relatos sobre suas experiências: “*Caso tenha estudado algum conteúdo de eletroquímica no ensino médio, consegue recordar como foi abordado esse assunto?*”. Esta pergunta foi elaborada porque na pesquisa de Freire, Silva Júnior e Silva (2011) verificou-se que 33% dos licenciandos em Química não estudaram o conteúdo no nível médio.

Da mesma forma, os dados aqui analisados mostraram que nem todas as futuras professoras conseguiram se lembrar com clareza de como foi estudado eletroquímica no ensino médio, como pode ser verificado na resposta da futura professora A3:

A3: O conteúdo de eletroquímica eu não lembro de ser abordado, acho que nem estudado foi.

Outras duas entrevistadas (A2 e A4) relataram terem estudado eletroquímica no ensino médio, porém não se lembram com detalhes, de como foi esse ensino. Uma delas dizendo que por conta do tempo que já saiu do ensino médio não conseguiu se lembrar muito bem. Outra disse que por ter feito seu ensino médio na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e por conta de ter a carga horária reduzida, sendo a metade do ensino médio regular (1200 horas na EJA e 2400 horas no ensino médio regular), o conteúdo de eletroquímica não foi abordado adequadamente.

A2: Me lembro vagamente de alguma coisa relacionada a pilhas, mas exatamente não sei o que é, lembro só de falar de pilhas sabe... Se não me engano 2º ano. Não me recordo de como o professor trabalhou esse conteúdo, pois já faz um tempo que sai da escola.

A4: Não estudei eletroquímica no ensino médio regular. Parei de estudar e só retornei aos estudos depois de um tempo. Por isso, optei pela EJA [Educação de Jovens e Adultos], e lembro que vi o conteúdo, mas foi muito reduzido.

Do contrário, a futura professora A1 conseguiu detalhar como foi este conteúdo foi abordado nas aulas de Química no ensino médio.

A1: Lembro que eu estudei eletroquímica na escola. Lembro que os principais pontos que a professora trabalhava era a questão de oxirredução e lá no finalzinho ela falou um pouco de pilhas. Ali, quando ela falava de oxirredução, falava sobre conceito de número de oxidação, agente redutor e agente oxidante... Aí ela passava muitos cálculos também, porque nessa parte tem os cálculos, né? A gente tinha uma apostila e a forma dela explicar era a partir daquela apostila, meio que fazia um resumo no quadro e a partir daquilo ela começava a explicar. [...] Era basicamente isso que eu lembro de eletroquímica e eu lembro que ela focava nessa parte oxirredução muito nos cálculos. Os cálculos que falo são aqueles que fazia para encontrar o número de oxidação, que é tipo assim, eu tenho hidrogênio e oxigênio aí eu somava aquilo, o Nox, e eu tinha o meu número de oxidação, ela fez bastante exercício disso com a gente.

Verifica-se neste trecho da resposta de A1 que o conceito de eletroquímica foi abordado durante o ensino médio e que a professora da época dava muita ênfase aos aspectos matemáticos. Compreende-se que é importante que os professores de Química tenham outras abordagens em suas aulas visando interpretar e atribuir significado aos fenômenos. Entretanto, percebe-se nas falas das futuras professoras, em especial no trecho destacado de A1, a preocupação da abordagem dos aspectos quantificáveis e do tratamento matemático dos fenômenos. Segundo Venturi e colaboradores (2021), muitos estudantes enfrentam dificuldades para resolver problemas contextualizados de eletroquímica, mesmo quando conseguem lidar com questões que envolvem algoritmos e cálculos. A compreensão dos conceitos eletroquímicos exige um raciocínio aprofundado e complexo, além de conectar-se com fenômenos observáveis em escala macroscópica, o que nem sempre é plenamente alcançado por eles (Venturi *et al.* 2021, p. 766).

Considera-se importante destacar que duas futuras professoras (A1 e A5) destacaram a realização de atividades experimentais nas aulas de eletroquímica no ensino médio:

A1: Na parte de pilhas eu lembro que na época ela fez aquele experimento da moeda que tem o limão que você coloca na pilha

e acende a lâmpada. Eu não lembro muito bem como era o experimento.

A5: Sim, lembro de ver sobre pontes salinas e em algumas aulas realizamos um experimento sobre pilha usando limão.

Nestes trechos, percebe-se que a realização de experimentos na educação básica marcou a formação das futuras professoras. Ambas destacam o experimento com limão. Esse experimento da pilha com limão demonstra como uma reação química pode gerar eletricidade. No limão, dois metais diferentes, cobre e zinco, são inseridos. O zinco, que perde elétrons facilmente, atua como polo negativo (ânodo), e o cobre como polo positivo (cátodo). O ácido cítrico do limão permite a movimentação dos íons. No ânodo, o zinco é oxidado, liberando elétrons, que fluem para o cátodo, onde são aceitos pelo cobre. Esse fluxo de elétrons gera uma corrente elétrica, ilustrando o princípio básico de uma pilha eletroquímica, que é um dos sugeridos por Hioka e colaboradores (2000). Segundo estes autores, muitos professores têm dificuldades em realizar experimentos sobre pilhas nas escolas pela dificuldade de adquirir eletrodos e soluções de seus respectivos metais, além de dimensionar a ponte salina de forma a gerar tensão e corrente adequadas para operar pequenos dispositivos eletroeletrônicos. Por isso, a necessidade de buscar alternativas para sua inserção nas escolas.

Além disso, verifica-se a importância da realização dos experimentos na educação básica, uma vez que potencializa a compreensão e a apropriação de conhecimento pelos estudantes, motivando-os a buscar respostas para a explicação de diferentes fenômenos (Merçon, Guimarães e Mainier, 2011; Silveira *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018).

Foi observado que, entre as futuras professoras entrevistadas, apenas uma (A1) conseguiu descrever essa fase de aprendizado com detalhes significativos, utilizando mais termos específicos do assunto. Em contraste, outras duas (A5 e A2) tiveram apenas uma visão superficial e não conseguiram descrever essa etapa adequadamente, enquanto alguns nem sequer estudaram eletroquímica no ensino básico. Esses relatos indicam que o conteúdo de eletroquímica foi pouco ou nada abordado durante a educação básica para a maior parte das futuras professoras de Química. Segundo Sanjuan e colaboradores (2009), muitos professores revelam deixar os conteúdos considerados mais difíceis, como no caso da eletroquímica, para

o último semestre da educação básica, “sabendo de antemão que não terão tempo hábil de executá-lo e que, desse modo, ‘livram-se do problema’” (Sanjuan et al, 2009).

Compreende-se que esta informação é importante para os formadores de professores, uma vez que, durante o curso de licenciatura, será o primeiro contato de muitas futuras professoras de Química com o conceito de eletroquímica. Logo, é necessário um cuidado maior nas abordagens iniciais, antes de iniciar o aprofundamento destes conceitos.

4.2 Aprendizado de eletroquímica no ensino superior

Diversas disciplinas, como Química Geral II, Química Analítica Qualitativa, Química Analítica Quantitativa e Físico-Química de Soluções e Eletroquímica, cobrem o conteúdo de eletroquímica. Assim, a seguinte pergunta foi feita: “*Na universidade, como os conteúdos de eletroquímica foram abordados? Foram fáceis de entender? Em quais disciplinas?*”

Como observado na primeira pergunta, para duas futuras professoras, no curso de licenciatura foi a primeira oportunidade de contato com conteúdo específico de eletroquímica, já que não tiveram contato no ensino médio, enquanto outras duas mencionaram ter estudado de forma superficial. Embora as entrevistadas compartilhassem o mesmo currículo, porém seus professores e a metodologia de ensino foram diferentes, ou seja, nem todas cursaram a mesma disciplina com o mesmo professor, na mesma época do curso, mas suas respostas apresentaram semelhanças. Cada participante teve uma base em algumas das disciplinas oferecidas no curso de licenciatura em Química, que incluem eletroquímica.

De todas as entrevistadas apenas duas se recordaram de terem estudado a eletroquímica em outras disciplinas. Citaram Físico-Química, Química Geral II, termodinâmica e Cinética, como pode ser observado nos trechos a seguir.

A1: Eu lembro que eu vi alguma coisa sobre pilhas eu acho que foi na disciplina de Termodinâmica ou talvez em Cinética... foi numa dessas duas, mas foi bem pouco e eu não lembro como foi a forma que o professor abordou. De oxidação ou redução, essas coisas, eu não lembro de ver nas disciplinas da graduação. Possa ser que eu tenha visto, mas eu não lembro. Lembro de ver esses assuntos mais nas aulas pedagógicas, por exemplo, na de Ensino de Físico-Química, que a gente falou de tudo, isso inclusive foi até eu que falei de redução, no qual analisamos os livros, e as

questões do Enem sobre a matéria. Acredito que por algumas matérias, como Química geral II, Analítica Qualitativa e Quantitativa, terem sido feitas no ensino remoto, fica difícil de lembrar pois era tudo mais complicado.

A5: Sim, todos eles foram trabalhados de maneira mais geral como na disciplina de Química Geral II. Tive, um pouco mais aprofundado na matéria de Físico-Química de Soluções e Eletroquímica.

As demais respostas foram semelhantes, apontando a Físico-Química como a disciplina principal desse assunto. Na fala de A1, destaca-se a abordagem superficial de alguns conceitos relacionados à eletroquímica, ao mesmo tempo em que a futura professora destaca que estes conceitos foram abordados nas disciplinas relacionadas à área de ensino. Compreende-se que este é um fato que possa ser preocupante, uma vez que a base teórica dos conceitos deveria ser vista de forma aprofundada nas disciplinas específicas e, nas disciplinas pedagógicas deveria ser feita uma discussão como estes conceitos podem ser abordados na educação básica. Como destacam Santos, Lima e Giroto Junior (2020, p. 978):

durante a graduação o sujeito aprenda a “ser” professor e, para tanto, além de conhecimentos “sobre” docência, é necessário o desenvolvimento de conhecimentos que só se fazem “na” e “pela” experiência, cabendo ressaltar que tal experiência só se torna significativa quando ocorre atrelada ao processo de reflexão sistemática baseada em conhecimentos e conceitos teóricos.

As entrevistadas falaram também sobre algumas dificuldades e sobre algumas atividades que fizeram durante as disciplinas que cursaram envolvendo a eletroquímica.

A2: Tive muita dificuldade na universidade, porque os assuntos e a forma de ensino, para mim, foram muito difíceis. Lembro de ver em Físico-Química, mas lembro de alguns conceitos como os eletrodos, funcionamento das pilhas, energia livre... Considero estes assuntos bem difíceis de absorver, pela complexidade da matéria que foi para mim.

A3: Na faculdade, eu estudei eletroquímica na disciplina de Físico-Química e o professor que lecionou, fez a gente produzir uma pilha no laboratório e a partir desse experimento que ele discutiu sobre pilhas, porém sem aprofundar muito.

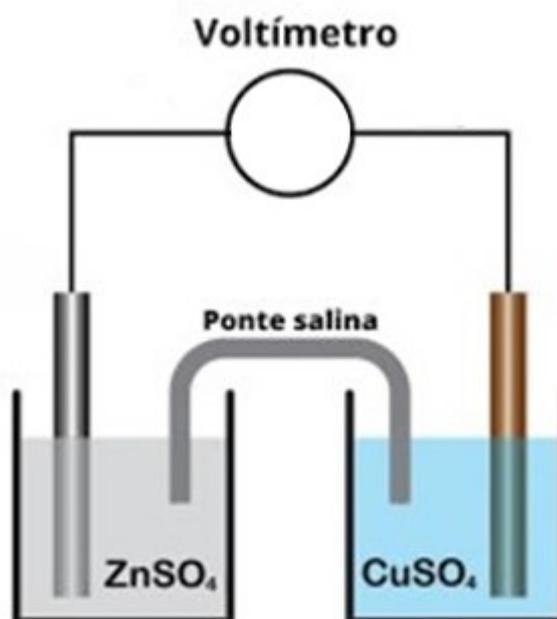
A4: Na faculdade, o conteúdo de eletroquímica apareceu em disciplinas como Físico-Química, mas confesso que tive bastante

difficuldade. Como eu não tive uma base muito boa no ensino médio, isso interferiu um pouco na minha aprendizagem.

Observa-se que as futuras professoras A2, A3 e A4 destacam as abordagens superficiais dos conceitos de eletroquímica nas disciplinas da graduação, ao mesmo tempo em que percebem que as dificuldades que tinham durante o ensino médio ainda não foram sanadas. Segundo Carvalho e Gil-Perez (2006, p. 21), a “carência de conhecimentos da matéria, (...) transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro-texto”. Por isso, é importante que os docentes responsáveis pelos componentes teóricos, repensem suas abordagens de ensino para que as futuras professoras compreendam melhor os conceitos de eletroquímica, já que os relatos apontam para uma lacuna preocupante em sua formação. Ao mesmo tempo, considera-se importante que as futuras professoras percebam suas fragilidades conceituais e busquem meios de superar suas dificuldades e aprofundar seus conhecimentos já que irão lecionar estes assuntos na educação básica, já que há possibilidade de complementar sua formação a partir das experiências posteriores à graduação.

Na sequência, as entrevistadas foram desafiadas a explicar o funcionamento da pilha eletroquímica simples criada por Daniell, que exemplifica como uma corrente elétrica é gerada ao longo de um condutor. Esse modelo é amplamente utilizado no ensino de Química e o objetivo foi avaliar a compreensão das futuras professoras sobre os conceitos envolvidos na produção de corrente elétrica, conectando-os às reações químicas que ocorrem no sistema, como destacado na figura 4. Destaca-se que a figura não apresenta as semirreações de oxidação ou redução e nem os potenciais padrão de redução, mas mostra o sentido dos elétrons, saindo do eletrodo de zinco em direção ao eletrodo de cobre. Logo, era esperado que as futuras professoras utilizassem desta informação para respondê-la.

Figura 4: Imagem representativa da pilha de Daniell apresentada durante a entrevista às futuras professoras de Química.



A análise procurou relacionar as respostas das futuras professoras aos princípios científicos, verificando como esses conceitos são organizados e identificando eventuais equívocos ou concepções alternativas em suas explicações. A questão proposta foi a seguinte: *“Explique o que ocorre na pilha de Daniell representado na figura. Se achar necessário pode escrever diretamente na imagem”*.

De início, o que mais chamou a atenção foi o fato de que nenhuma das futuras professoras utilizou o desenho para explicar o funcionamento da pilha. A ideia inicial era digitalizar as representações feitas por elas no formulário, mas todas as respostas foram orais. As respostas foram muito semelhantes, nenhuma entrevistada aprofundou as explicações, assim não trazendo conceitos mais teóricos nessa questão.

A1 destacou que havia estudado essa matéria, na semana anterior à entrevista. Foi a única entrevistada que citou a respeito dos íons da solução, indicando sobre a redução do cobre e a oxidação do zinco.

A1: Olha! vamos lá. Estudei isso semana passada. Vamos ver se eu entendi. Tem dois eletrodos, que é o de zinco e o de cobre, eu acho que é o de zinco que é o polo negativo, que sofre oxidação e o de cobre é o polo positivo que sofre redução... acho que é isso. No meio tem a ponte salina. Quando o zinco entra em oxidação, ele vai pra zinco 2 mais e o cobre quando ele entra em redução ele vai pra cobre 0. A ponte salina faz com que os íons se movimentem.

Neste caso, verifica-se que a futura professora A1 explicou de forma correta o processo, mas sem maiores aprofundamentos. A respeito do caminho do elétron, apenas as futuras professoras A2, A3 e A4 comentaram sobre o eletrodo que perde o elétron e qual recebe.

A2: Não sei explicar muito bem, mas sei que o zinco que é chamado de ânodo e é onde acontece a oxidação. O cobre é o cátodo, onde ocorre a redução. A “energia” sai do zinco para o cobre.

A3: Eu sei o básico mesmo, que os elétrons saem do ânodo indo para o cátodo, se eu não estiver enganada. O ânodo é o zinco e o cobre é o cátodo. Quem perde elétrons é o ânodo e quem ganha os elétrons é o cátodo.

A4: Na pilha de Daniell, o zinco sofre oxidação, liberando elétrons que fluem pelo circuito até o cobre, onde ocorre a redução.

Apenas a futura professora A2 não comentou sobre a ponte salina ou explicou sua função, como pode-se verificar nos trechos dos relatos.

A1: ... a ponte de salina faz com que os íons se movimentam.

A3: Lembro também sobre a ponte salina, que é responsável por conduzir os elétrons na célula.

A4: A ponte salina mantém o equilíbrio iônico, permitindo que a reação continue.

A5: ... e a ponte salina que faz com que tenha o fluxo dos íons.

Conforme explicam Santos e Mól (2010, p. 255), a ponte salina tem a função de manter o equilíbrio das cargas nas duas soluções onde os eletrodos estão submersos, evitando o desgaste acelerado da pilha eletroquímica. Hioka e colaboradores (1998) fornecem uma descrição mais detalhada, explicando que a ponte salina é constituída por um tubo de vidro em formato de U invertido, contendo uma solução de ágar-ágar saturada com um eletrólito forte ou simplesmente uma solução aquosa saturada de eletrólito, e as extremidades são fechadas com chumaços de algodão. Segundo os autores, a ponte salina tem a função de completar o circuito elétrico em uma pilha de Daniell, pois ela conduz corrente elétrica. Além disso, sua função é assegurar a eletroneutralidade do sistema, evitando a polarização

da pilha, que poderia ocorrer se houvesse acúmulo de cargas positivas em uma célula e negativas na outra, já que os elétrons fluem de uma semicélula para outra.

Verifica-se que, dentre as respostas, a que mais se assemelha com as explicações dos pesquisadores foi a A4. Analisando esta resposta, verifica-se que A4 traz um raciocínio mais próximo do que apontam os artigos da literatura, dizendo que a ponte salina faz com que haja o equilíbrio iônico.

Cada entrevistada apresentou dificuldade com algum conceito específico, o que nos leva a ponderar que o estudo da eletroquímica exige uma compreensão clara de diversos termos científicos e uma sólida construção de seus conceitos. Para um entendimento científico consistente, essa base é indispensável, especialmente para as futuras professoras, que desempenham um papel essencial na abordagem desse conhecimento aos estudantes da educação básica.

Dado que o objetivo principal dos cursos de licenciatura é preparar profissionais para atuar na educação básica, é fundamental que se dê atenção à forma como esse conteúdo é trabalhado durante a graduação. Como destacam Venturi e colaboradores (2021, p. 766):

Quando as dificuldades, equívocos e concepções alternativas dos estudantes não são problematizadas ou desconstruídas, podem acompanhá-los durante toda sua trajetória escolar na educação básica e, inclusive, no ensino superior. Nesse sentido, essa “herança” leva o estudante a apresentar ainda mais dificuldades em assimilar novos conceitos durante a graduação ou até mesmo em utilizar os conceitos básicos de maneira correta e integrada. Essa problemática ainda se agrava, no caso da licenciatura, quando essa mesma “herança” acompanha o estudante ao término de sua graduação e o mesmo vai atuar como professor, fazendo com que o conteúdo, quando trabalhado, seja explorado de forma simplista ou até mesmo equivocada.

Por isso, é preciso oferecer os recursos e materiais necessários para garantir uma formação sólida, especialmente porque eletroquímica faz parte dos currículos escolares, exigindo que as futuras professoras dominem o tema e saibam abordá-lo de maneira eficiente. Se as futuras professoras de Química não recebem uma base adequada sobre eletroquímica ao longo da graduação, torna-se mais difícil que elas compreendam a relevância de abordar estes conceitos e buscar estratégias adequadas para o ensino de seus próprios alunos.

4.3 Aplicação da eletroquímica no cotidiano.

As futuras professoras foram convidadas a descrever como a eletroquímica se manifesta em seu entorno e nas atividades diárias. A eletroquímica, que trata da conversão entre energia química e elétrica e das reações de oxirredução, tem várias aplicações práticas, como em pilhas, baterias, galvanoplastia, sensores, semijóias, produtos sanitizantes e corrosão de metais, entre outras. No entanto, as respostas dadas pelas futuras professoras mostraram semelhanças.

A1: As pilhas e baterias eu acho que é comum, porque tem nos controles remoto, as baterias de carro, computador, enfim. Da oxirredução pode falar do processo de oxidação da palha de aço, o prego também oxidando.

A2: Algumas situações práticas do dia a dia são as pilhas e baterias do celular, carros e controle remotos, tem também a ferrugem da palha de aço que fica molhada na pia de lavar louças, que entra em contato com a água e o ar, e sofre uma reação de oxidação.

A3: a eletroquímica está presente nas pilhas e baterias de produtos eletrônicos.

A4: Nas baterias dos produtos eletrônicos, ocorrem a reação redox, nas corrosões de produtos metálicos, a reação de oxidação, também envolve a eletroquímica.

A5: Consigo associar a pilhas e baterias, e como elas funcionam.

Observou-se que todas mencionaram a aplicação da eletroquímica em pilhas e baterias. Conforme Bocchi, Ferracin e Biaggio (2000), os termos são frequentemente usados como sinônimos. Uma pilha é um dispositivo composto por dois eletrodos e um eletrólito, projetado para gerar energia elétrica, enquanto uma bateria é um conjunto de pilhas conectadas em série ou paralelo, de acordo com a necessidade de potencial ou corrente.

O objetivo dessa pergunta era entender a percepção das entrevistadas sobre a eletroquímica em seu cotidiano. No entanto, nenhuma das futuras professoras mencionou outros processos eletroquímicos além de pilhas e baterias, como galvanoplastia, sensores, semijóias, produtos sanitizantes, entre outros. Citaram apenas processos de oxidações de metais, como prego e palha de aço. Isso pode-se dar pela falta de correlação dos processos químicos, com os quais ocorrem no nosso dia a dia. Pela experiências, ou falta dela, com este conteúdo no ensino médio,

verifica-se a dificuldade de relacionar o assunto as questões que fogem de somente pilhas e baterias.

4.4 Dificuldades na elaboração de aulas sobre eletroquímica

As perguntas a partir deste ponto tinham o objetivo de colocar as futuras professoras em uma situação prática, simulando desafios que podem enfrentar em sua futura carreira docente. Solicitamos que elas identificassem quais aspectos do planejamento de uma aula sobre eletroquímica consideravam mais difíceis e desafiadores.

Diversos estudos destacam as dificuldades que os estudantes enfrentam para compreender os conceitos relacionados à eletroquímica, o que acaba gerando concepções alternativas, ou seja, interpretações diferentes das aceitas pela comunidade científica (Hartwig; Rocha-Filho, 1998; Hioka *et al.*, 2000; Bocchi; Ferracin; Biaggio, 2000; Marconato; Bidóia, 2003; Palma; Tiera, 2003; Merçon; Guimarães; Mainier, 2011; Souza *et al.*, 2007; Matsubara; Neri; Rosolen, 2007; Sanjuan *et al.*, 2009; Fragal *et al.*, 2011; Silva; Martins; Teixeira Júnior, 2014).

As respostas das entrevistadas A1 e A3 se assemelham quando diz a respeito aos números de aulas e como iriam administrar esse conteúdo na quantidade de aulas que teriam. Porém, todas teriam alguma certa dificuldade para preparar suas aulas, devido à complexidade da matéria de eletroquímica. A futura professora A1 vai além, dizendo que não saberia qual assunto realmente seria importante para estar em suas aulas, algo que ninguém mais apontou.

A1: Sim teria dificuldade, porque na escola nunca foi um assunto que eu gostei então acabava que eu não dava muita importância para aquelas aulas e na faculdade eu não recordo de ver sobre esses temas claramente. Então eu acho que para elaborar uma aula, teria que sentar e estudar muito sobre o conteúdo, conseguir atender às necessidades daqueles alunos. Por exemplo, se fosse tipo, fiquei sabendo que tenho que dar aula amanhã desse assunto, eu não conseguiria dar, porque as minhas principais dificuldades estão relacionadas a saber quais assuntos trabalhar. Porque esse tema de eletroquímica é amplo, então em uma aula você não consegue trabalhar tudo. Você tem que saber dividir seu conteúdo e saber também quais são as partes que você precisa trabalhar, porque algumas coisas talvez não sejam tão necessárias e outras sejam. Hoje eu não sei te falar o que seria

necessário e o que não seria, por isso que eu falo que eu teria que me sentar e estudar sobre o tema. Acho que a minha maior dificuldade seria em saber o que eu vou abordar na minha aula. “Será que isso aqui é importante?” ou então “será que aquilo ali é mais importante que isso?” ... Então acho que essa seria a minha principal dificuldade de saber o que abordar e como abordar também. Teria uma dificuldade conceitual também, porque como não é um tema que eu gosto, então eu não aprendi muito bem. Então se fosse para eu dar uma aula amanhã eu tenho que estudar muito e, aí sim eu conseguiria dar a aula, mas se fosse tipo ... “você tem que dar uma aula agora” ... Não conseguiria.

A3: Teria sim uma certa dificuldade. Por conta do número de aulas na escola, não sei como seria preparado, como eu iria ministrar, dar exemplos, se iria levar os alunos para o laboratório. Também a parte teórica que não é simples, difícil de explicar e conseqüentemente dos alunos de aprenderem, teria que estudar muito o conteúdo.

As entrevistadas A2 e A4, foram as únicas que disseram que abordariam algum experimento, mas que no momento não souberam dizer qual especificamente iria passar aos seus alunos. Porém disseram também que iria precisar estudar o conteúdo. A futura professora A4 cita também sobre a dificuldade de adaptar o conteúdo para o nível do ensino médio.

A2: Nossa muita dificuldade. A começar que eu começaria dando minhas aulas com algum experimento, mas não sei nem qual experimento dar em uma sala de aula de ensino médio com materiais de fácil acesso, em casa ou na escola. E para a parte teórica eu teria que retornar em todos meus cadernos e livros da faculdade para ter uma base de ensino superior e estudar muito em livros de ensino médio, porque a parte de eletroquímica foi muito insuficiente em minha formação.

A4: Sim, teria dificuldade em adaptar o conteúdo para um nível mais básico e em criar atividades práticas que sejam seguras e didáticas. Mas acredito que se eu estudasse e me planejasse, seria possível superar essas dificuldades.

A futura professora A5 aborda como seria seu trajeto de como ministraria suas aulas dedicadas à matéria, porém quer teria sim uma certa dificuldade.

A5: Acredito que iria ser um conteúdo mais difícil de desenvolver, iria começar a ministrar as aulas através das pilhas e baterias. Acredito que seria importante explicar sobre situações de redução

e oxidação, como se monta pilhas a fim de comparar com o dia a dia e falar sobre pontes salinas.

A eletroquímica é amplamente vista como uma área da química que apresenta grande complexidade tanto no ensino quanto na aprendizagem, tanto no ensino superior quanto no médio. As entrevistadas reconheceram a importância de dominar o conteúdo para poder ensiná-lo com eficácia, destacando que isso exige uma boa compreensão da teoria dos conceitos envolvidos. Algumas delas sugeriram que, para participar desse processo, é fundamental experimentos práticos, o uso de materiais didáticos de qualidade e contextualizados, além de estabelecer conexões com situações do cotidiano dos alunos. Esses pontos estão alinhados com o objetivo do estudo.

4.5 Importância do estudo ensino de eletroquímica no ensino médio.

Claramente as entrevistadas que disseram que o ensino de eletroquímica é importante no ensino médio, atribuindo isso a ter muita relação da eletroquímica no cotidiano de todos. Porém cada uma abordou com pontos diferentes a importância da eletroquímica na escola. As entrevistadas A1 e A3, dentre os seus argumentos, citam o ENEM como um deles, destacando que é um assunto que o exame aborda em suas provas.

A1: eu acho que sim é interessante importante o estudo da eletroquímica, no ensino médio e na faculdade. São assuntos que tem no nosso dia a dia e às vezes os alunos da escola básica não sabem que aquilo ali é um processo químico que está acontecendo. Por exemplo a oxidação da palha de aço às vezes eles não sabem o que está acontecendo, então com a aula eles vão conseguir entender por que o ferro enferruja, como que funciona a pilha, então acho que são coisas interessantes dos alunos aprenderem, mesmo que não seja um tema que é recorrente no ENEM, porém ele começam a entender coisas que ocorrem ao redor deles, no seu cotidiano, fazendo essa relação do que aprendeu com o seu cotidiano, porque se não eles vão começar a fazer aquela pergunta que quase todo aluno faz... “Por que estou aprendendo isso, onde vou usar isso?” ... Então talvez isso está acontecendo, ele tá usando só que ele não sabia, por isso eu acho sim interessante ensinar.

A3: É sim um conteúdo necessário, porque cai muito no ENEM e nos vestibulares, porém pela pouca quantidade de aulas de química no ensino médio, não sei quantas aulas seriam dedicadas para essa matéria de eletroquímica.

Outras futuras professoras citaram somente pela presença da eletroquímica no cotidiano, citando alguns outros processos que estão presentes. Por exemplo a A2 cita questões ambientais, A4 cita a ferrugem e A5 cita até processos do corpo humano.

A2: Sim, é importante que os alunos do ensino médio aprendam sobre eletroquímica. Esse conteúdo é fundamental para compreender fenômenos cotidianos, como o funcionamento de pilhas e baterias, oxidação e está relacionado também a questões ambientais.

A4: Sim, é importante. A eletroquímica é fundamental para entender muitos processos do dia a dia. Não só falando de pilhas, mas tem muitos outros assuntos que aborda a eletroquímica no dia a dia, não me lembro agora de todos, mas a ferrugem é um processo que está incluso.

A5: Sim, eles precisam ter uma noção sobre esse assunto que ajuda a entender sobre eletricidade, e alguns fatores até que se correlacionam ao corpo humano.

Percebe-se que todas relacionaram a importância da eletroquímica, devido ao cotidiano dos alunos e de todos. Porém anteriormente quando foram conduzidos a responderem sobre *Aplicação da eletroquímica no cotidiano*, ficaram presos somente a pilhas e baterias. Isso nos leva a refletir sobre o fato de que o conteúdo de eletroquímica exige uma compreensão adequada de diversos termos científicos e uma construção sólida dos seus conceitos para um conhecimento científico bem estruturado. Esse entendimento é essencial para as futuras professoras, que são os responsáveis por compartilhar esses saberes e, portanto, desempenham um papel central na formação de novos estudantes.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eletroquímica desempenha um papel fundamental na explicação de fenômenos comuns do dia a dia, como a corrosão de metais, o armazenamento e geração de energia em baterias, além de processos industriais como a produção de alumínio e cloro ou a proteção de superfícies metálicas por meio de revestimentos como o cromo. Seu estudo é essencial não apenas do ponto de vista científico, mas também para formar cidadãos conscientes dos impactos sociais e ambientais. Apesar disso, o conteúdo de eletroquímica muitas vezes recebe pouca atenção na educação básica, sendo tratado de maneira superficial, com foco apenas em definições, o que pode estar relacionado à falta de uma formação adequada dos professores nesse tema.

Neste estudo, buscamos inicialmente entender como as entrevistadas aprenderam eletroquímica durante o ensino médio. Posteriormente, exploramos como percebem a presença desse conhecimento em suas vidas, solicitando que dessem exemplos práticos do cotidiano. A maioria mencionou a aplicação da eletroquímica em pilhas e baterias, exemplos comuns, mas nenhum fez referência a processos como eletrólise, galvanoplastia ou eletrodeposição — tópicos que são tratados em maior profundidade durante a graduação em disciplinas específicas.

Entre as entrevistadas, duas afirmaram não ter estudado eletroquímica no ensino médio, o que pode explicar a dificuldade encontrada na faculdade em relação a esse conteúdo. Os demais relataram lacunas em sua formação, com uma abordagem superficial ou insuficiente do tema, o que também comprometeu a base de conhecimento necessária para o ensino superior.

Sabemos que a formação de professores de química deve ser generalista, mas ao mesmo tempo sólida e abrangente nos diversos campos da ciência, proporcionando ao licenciado uma preparação adequada para a aplicação pedagógica do conhecimento, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001, p.4). As entrevistadas mencionaram as disciplinas em que tiveram contato com a eletroquímica durante o curso, mas também apontaram desafios na construção de um entendimento sólido desses conceitos.

Ao serem questionados sobre as dificuldades que enfrentariam ao planejar uma aula de eletroquímica para o ensino médio, as respostas convergiram na necessidade

de dominar os conceitos teóricos e experimentais do tema. Alguns ainda mencionaram a limitação de tempo e o número reduzido de aulas destinadas ao conteúdo. Fica evidente nas falas a preocupação das futuras professoras com o processo de ensino e aprendizagem, reconhecendo a importância de ensinar eletroquímica de forma dinâmica, contextualizada e com o uso de diferentes recursos didáticos para facilitar a compreensão dos alunos.

Buscou-se também analisar sobre a visão de cada futura professora a respeito da importância e a necessidade do ensino de eletroquímica no ensino médio. A conclusão foi unânime em todas as respostas, todas falaram que é necessário e importante o estudo desse assunto no ensino médio, visto que, está presente no cotidiano de qualquer pessoa, nas pilhas e baterias de produtos eletrônicos, porém sabe-se que não só restringe a somente isso, vai além em vários outros processos, como a galvanoplastia, eletrolise, eletrodeposição, entre outras.

Por último, as entrevistadas foram convidadas a explicar sobre uma pilha simples de Daniell, apesar de não ter erros nas explicações, essas foram muito simples e superficiais, sem aprofundamento teórico. Concordamos com a perspectiva de Francisco Júnior, Ferreira e Hartwig (2009) sobre a importância de os professores possuírem um conhecimento sólido e abstrato para garantir o aprendizado eficaz de seus alunos. Observamos, nesta etapa da pesquisa, que muitos enfrentaram dificuldades ao tentar fazer a transição entre os fenômenos macroscópicos e suas explicações microscópicas. Isso se reflete na apresentação de algumas explicações que, embora úteis, acabaram sendo excessivamente simplificados, dificultando a compreensão completa dos processos eletroquímicos por parte das futuras professoras.

A pesquisa realizada com as futuras professoras de Química revelou que elas consideram o conteúdo de eletroquímica desafiador, tanto no processo de aprendizagem quanto no ensino na educação básica. A maioria não teve um contato significativo com esse tema, no ensino médio, alguns nem sequer tiveram essa matéria e aqueles que o estudaram relataram uma abordagem superficial, com o conteúdo sendo apresentado de maneira direta e pouco explorada. No entanto, ficou claro que todas demonstram preocupação com o processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo, reconhecendo a importância de se aperfeiçoarem continuamente para superar suas próprias limitações. Elas também entendem a necessidade de implementar estratégias mais eficazes, como o uso de experimentação e a

contextualização do conteúdo no cotidiano dos alunos, para promover um ensino mais significativo.

Diante dos desafios identificados nesta investigação, fica evidente a necessidade de uma formação mais sólida e aprofundada em eletroquímica para futuros professores de Química. A superficialidade com que o tema é abordado no ensino médio e, em alguns casos, na própria graduação, compromete a capacidade de planejar e ministrar aulas que tornem os conceitos mais acessíveis e contextualizados para os estudantes. Para enfrentar essas dificuldades, é fundamental que cursos de licenciatura ofereçam um equilíbrio adequado entre teoria e prática, incentivando o uso de metodologias ativas e experimentais, que aproximem os conceitos de eletroquímica da realidade dos alunos.

Além disso, é essencial que os professores em formação tenham acesso a recursos pedagógicos diversificados e estejam preparados para fazer a transição entre os fenômenos observáveis e suas explicações microscópicas, garantindo um aprendizado mais robusto. Somente assim será possível construir um ensino de eletroquímica que vá além das definições básicas, explorando suas múltiplas aplicações no cotidiano e na indústria, e formando cidadãos mais conscientes e críticos em relação às questões científicas e tecnológicas que envolvem esse campo do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Letícia Vedana; ZIMMER, Cinthia Gabriely. Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 23-28, 2021. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160254>
- BARP, Ediana. Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: uma proposta para trabalhar o tópico radioatividade. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, v. 8, p. 50-67, 2013
- BARRETO, Barbara dos Santos Juca; BATISTA, Carlos Henrique; CRUZ, Maria Clara Pinto. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 28-33, 2017. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160060>
- BOCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. Pilhas e Baterias: Funcionamento e impacto Ambiental, **Química Nova na Escola**, n. 11, p.03-09, 2000. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. In: **Diário Oficial da União**, de 7/12/2001, seção 1, p. 25. 2001
- CALLEGARIO, Laís J.; HYGINO, Cassiana B.; ALVES, Vanessa Leandro O; LUNA, Fernando José; PAIXÃO, Marília Linhares. A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150053>
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**, Cortez: São Paulo, 2006.
- CEBULSKI, Elisabete Soares; MATSUMOTO, Flávio Massao. A História da Química como facilitadora da aprendizagem do ensino da Química. **Universidade Federal do Paraná**. 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2035-8.pdf>
- DINIZ, Bruno Pereira; ALVES, Alice Sousa; LEMES, Leandro Cruvinel; SILVA, Luís Antônio da; ALVES, Valéria Almeida. Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 2, p. 45-50, 2023. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_1/11-EEQ-79-18.pdf
- FERRAZ FILHA, Zilma Schimith.; OLIVEIRA, Rogério de; FONSECA, Venilson Luciano Benigno. Ensino de Eletroquímica: avaliação da capacidade de escolha e do aprendizado obtido por alunos do 3º ano a partir de videoaulas no YouTube - estudo de caso no IFMG - Campus Ouro Preto. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 1, p. 12-18, 2020. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160249>

- FRAGAL, Vanessa Hafemann; MAEDA, Silvia Mara; PALMA, Elisangela Pacheco; BUZATTO, Maria Bernadete Pimenta; RODRIGUES, Maria Aparecida; SILVA, Expedito Leite. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 216-220, 2011. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_4/216-RSA-8910.pdf
- FRANCISCO JÚNIOR, Wilmo Ernesto; FERREIRA, Luiz Henrique; HARTING, Dácio Rodney. Um Modelo para o Estudo do Fenômeno de Deposição Metálica e Conceitos Afins, **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 2, p. 82-87, 2009. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_2/04-EA-4208.pdf
- FRASER, Márcia Tourinho Dantas; GONDIM Sônia Maria Guedes. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. **Paidéia**, v. 14, n. 28, p. 139-152, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2004000200004>
- FREIRE, Melquesedeque da Silva; SILVA JÚNIOR, Carlos Neco; SILVA, Márcia Gorette Lima. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. **Atas** do VIII ENPEC, Campinas-SP, 2011. https://abrapec.com/atas_enpec/viiienpec/resumos/R1150-1.pdf
- HARTWIG, Dácio Rodney; ROCHA-FILHO, Romeu Cardozo. Experiências e analogias simples para o ensino de conceitos em química; III - resultados da aplicação de uma visualização para deposição metálica espontânea. **Química Nova**, v.11, n.2, p. 333-340, 1998. [http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1988/vol11n3/v11_n3_%20\(14\).pdf](http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1988/vol11n3/v11_n3_%20(14).pdf)
- HIOKA, Noboru; MALONCHL, Florângela; RUBLO, DanII Agar Rocha; GOTO, Patrícia Akemi; FERREIRA, Odair Pastor. Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 36-39, 1998. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/exper1.pdf>
- HIOKA, Noboru; SANTIN FILHO, Ourides; MENEZES, Aparecido Junior, YONEHARA, Fernando Seiji; BERGAMASKI, Kleber; PEREIRA, Robson Valentim. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 40-44, 2000. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a09.pdf>.
- ISHIKI, Nicolas A.; LIMA, Fabio H. B.; TICIANELLI, Edson A. Redução Eletroquímica de CO₂: Refazendo Nossas Pegadas de Carbono. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 3, p. 34-40, 2022. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160323>
- LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Tradução de Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed, 1999. 340 p.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. p 12. São Paulo. Ed. EPU, 1986.

- MARCONATO, José Carlos; BIDÓIA, Edério Dino. Potencial do eletrodo: uma medida arbitrária e relativa. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 45-48, 2003 <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a12.pdf>.
- MATSUBARA. Elaine Yoshiko; NERI, Cláudio Roberto; ROSOLEN; José Maurício. Pilhas alcalinas: um dispositivo útil para o ensino de química. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 1020-1025, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000400046>
- MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Predo Ivo Canesso; MAINIER. Fernando Benedicto. Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais, **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 1, p. 57-60, 2011. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/08-EEQ6810.pdf
- MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Ed. Vozes. 1996.
- PALMA, Maria Helena Cunha; TIERA. Vera Aparecida de Oliveira. Oxidação de metais, **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 52-54, 2003. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A12.PDF>
- PITANGA, Ângelo Francklin; SANTOS, Heraldo Bispo dos; GUEDES, Josevânia Teixeira; FERREIRA, Wendel Menezes; SANTOS, Lenalda Dias dos. História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 1, p. 4-10, 2014. <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20140002>
- RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. Ed, p. 207 São Paulo: Atlas, 1999. 327p.
- SANJUAN, Maria Eugênia Cavalcante; SANTOS, Cláudia Viana; MAIA, Juliana de Oliveira; SILVA, Aparecida Fátima Andrade; WARTHA, Edson José. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, n. 31, p. 190-197, 2009. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/07-RSA-2008.pdf
- SANTOS, Deborah Rean Carreiro Matazo; LIMA, Lilian Patrícia; GIROTTO JUNIOR, Gildo. A formação de professores de Química, mudanças na regulamentação e os impactos na estrutura em cursos de licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 43, n. 7, p. 977-986, 2020. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170567>
- SANTOS, Tâmara N. P.; BATISTA, Carlos H.; OLIVEIRA, Ana P. C. de; CRUZ, Maria C. P. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 6-10, 2018. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/06-RSA-34-17.pdf
- SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MÓL, Gérson. **Química Cidadã**, Vol.2, 1ªed, São Paulo, 2010. p. 254-255
- SILVA, Roberta Maria da; SILVA, Renato César da; ALMEIDA, Mayara Gabriela Oliveira de; AQUINO, Kátia Aparecida da Silva. Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem

Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 3, p. 106-112, 2016.

<https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160033>

SILVA, Adelaine Alves; MARTINS, Rívia Arantes; TEXEIRA JÚNIOR, José Gonçalves. Uma Análise das Dificuldades Conceituais de Alunos do Ensino Médio sobre Processos de Oxirredução, In: **Anais** do XVII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVII ENEQ), Ouro Preto, MG, Brasil, 2014.

https://www.academia.edu/26092707/Uma_Análise_das_Dificuldades_Conceituais_de_Alunos_do_Ensino_Médio_sobre_Processos_de_Oxirredução

SILVEIRA, Nathália J.; SOUSA, Jaqueline F.; TEIXEIRA, Júnia F.; SILVA, Luís Antônio da; ALVES, Valéria A. Ensino de eletroquímica no ensino médio por meio de uma atividade experimental com abordagem de equilíbrios simultâneos de oxidorredução e de complexação. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 216-220, 2011. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160293>

SOUZA, Elizabeth Teixeira; SOUZA, Cristiane Aragão; MAINIER, Fernando Benedicto; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MERÇON, Fábio. Corrosão de Metais por Produtos de Limpeza, **Química Nova na Escola**, n. 26, novembro 2007. <http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc26/v26a12.pdf>

SZYMANSKI, Heloisa; ALMEIDA, Laurinda Ramalho; PRANDINI, Regina Célia Almeida Rego. **Entrevista na Pesquisa em Educação: a prática reflexiva**. 2^a edição, Ed. Liber livro, Brasília, 2008.

TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. O bicentenário da pilha. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 11, p. 35-38, 2000.

<http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>

VENTURI, Gabriela; JUNCKES, Ermelinda Silvana; MARTINA, Maria da Graça Moraes Braga; OLIVEIRA, Brenno Ralf Maciel. Dificuldades de ingressantes de um curso de licenciatura em química sobre conceitos da eletroquímica: um desafio para o ensino superior. **Química Nova**, v. 44, n. 6, p. 766–772, 2021.

<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170756>