



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA - LICENCIATURA

MARIA EDUARDA DE AZEVEDO CARVALHO

ELETROQUÍMICA: Uma sequência didática com Ênfase nas Aprendizagens
Significativa e Tangencial a partir do uso do cinema em sala de aula

Caruaru
2025

MARIA EDUARDA DE AZEVEDO CARVALHO

ELETROQUÍMICA: Uma sequência didática com Ênfase nas Aprendizagens Significativa e Tangencial a partir do uso do cinema em sala de aula

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Química - Licenciatura do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel/licenciado em Química.

Área de concentração: Aprendizagem Significativa.

Orientador: Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Azevedo Carvalho, Maria Eduarda de.
ELETROQUÍMICA: Uma sequência didática com Ênfase nas
Aprendizagens Significativa e Tangencial a partir do uso de cinema em sala de
aula / Maria Eduarda de Azevedo Carvalho. - Caruaru, 2025.
89p.

Orientador(a): José Ayron Lira dos Anjos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2025.
10,0.
Inclui apêndices.

1. Eletroquímica. 2. Ensino de Química. 3. Aprendizagem Significativa. 4.
Aprendizagem Tangencial. 5. Estudo de caso. 6. Cinema. I. Lira dos Anjos,
José Ayron . (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

MARIA EDUARDA DE AZEVEDO CARVALHO

ELETROQUÍMICA: Uma sequência didática com Ênfase nas Aprendizagens
Significativa e Tangencial a partir do uso do cinema em sala de aula

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Química - Licenciatura do Campus Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE, na modalidade de monografia,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de bacharel/licenciado em Química.

Aprovada em: 19/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Bruno (Examinador Externo)
Universidade Rural Federal de Pernambuco

Prof. Me. Mateus Henrique da Costa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos. Ao meu orientador, Dr. José Ayrton Lira dos Anjos, pela orientação generosa e dedicação ao longo dessa caminhada. Aos meus professores, que foram fundamentais para minha formação, e aos amigos que estiveram ao meu lado nos desafios e conquistas.

AGRADECIMENTOS

A realização e entrega deste trabalho representam a soma de uma trajetória que teve início muito antes da graduação. Ele é o reflexo de cada esforço, de cada noite mal dormida, de cada incentivo e aprendizado que recebi ao longo de toda a minha jornada acadêmica e pessoal. Escrevo estas palavras com os olhos marejados e o coração repleto de gratidão.

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sido minha força nos momentos mais difíceis, por me guiar e por me dar perseverança mesmo quando tudo ao meu redor parecia desmoronar.

Aos meus pais, Maria Aparecida de Azevedo Carvalho e Eduardo José de Carvalho, e ao meu irmão, Emanuel de Azevedo Carvalho, agradeço profundamente pelo amor, apoio incondicional e por acreditarem em mim em todos os momentos. Foram minha base e meu porto seguro em cada etapa dessa caminhada. Ao meu padrinho, Sebastião de Azevedo Xavier, sou grata pelas palavras de encorajamento e pela presença constante. À minha tia, Maria Natalícia Xavier, agradeço imensamente pela dedicação e paciência, especialmente pela ajuda cuidadosa com a correção gramatical deste trabalho. Aos meus primos, Arthur Fábio Xavier da Silva, Davi Carvalho de Azevedo e Maria Esther Xavier da Silva, agradeço pelos sorrisos e leveza que trouxeram aos meus dias mais difíceis. Agradeço, ainda, a todos os meus familiares que, direta ou indiretamente, me apoiaram ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos, deixo um agradecimento muito especial. Obrigada por ter disponibilizado seu tempo, paciência e atenção, por compartilhar seus conhecimentos e por me orientar com tanta dedicação, mesmo diante da enxurrada de ideias que eu frequentemente apresentava. Admiro profundamente sua trajetória profissional e espero, um dia, ser ao menos um por cento da grandeza que o senhor representa na educação. Agradeço, também, aos professores que fizeram parte da minha formação, desde a educação básica até o ensino superior. Em especial, deixo minha gratidão ao Prof. Dr. Stterferson Emanuel da Silva e à Prof.^a Dr.^a Jeisyanne Suélen Alves de Souza, por toda a inspiração, apoio e por acreditarem em meu potencial ao longo dessa caminhada.

A todos que contribuíram para que este sonho se concretizasse, meu mais sincero e eterno agradecimento.

RESUMO

Este trabalho investiga as contribuições da aprendizagem tangencial e significativa para o ensino de eletroquímica no Ensino Médio por meio da aplicação de uma sequência didática baseada em cenas do personagem Homem de Ferro. A proposta parte da constatação de que muitos estudantes apresentam dificuldades na assimilação de conceitos científicos, especialmente, quando o conteúdo não se relaciona diretamente com seus interesses ou experiências prévias. Para enfrentar esse desafio, adotou-se uma abordagem metodológica qualitativa, desenvolvida junto a uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Pernambuco, integrando elementos da cultura cinematográfica ao ensino formal. A sequência didática foi composta por três encontros pedagógicos e um estudo de caso, nos quais os estudantes foram desafiados a resolver o “assassinato do Homem de Ferro” com base nos princípios da eletroquímica. As atividades foram planejadas para estimular a curiosidade e o engajamento dos alunos, promovendo a construção de conhecimentos por meio de interações significativas com conteúdos anteriormente adquiridos. Os dados foram coletados por meio de registros em diário de bordo, produções escritas e análise da frequência dos estudantes. Os resultados indicaram que os alunos que participaram integralmente das atividades apresentaram maior compreensão dos conceitos de oxirredução, funcionamento de pilhas e baterias, e esquematização de sistemas eletroquímicos. A experiência demonstrou que a utilização de narrativas midiáticas, alinhadas a estratégias de ensino significativas, pode potencializar o interesse, a participação e a apropriação de conteúdos complexos como os da eletroquímica. Concluiu-se, portanto, que a integração entre cinema, aprendizagem significativa e ensino de Química constitui uma alternativa pedagógica eficaz, especialmente, em contextos em que há baixa motivação e dificuldades conceituais entre os estudantes.

Palavras-chave: Eletroquímica; Ensino de Química; Aprendizagem Significativa; Aprendizagem Tangencial; Estudo de Caso; Cinema.

ABSTRACT

This study investigates the contributions of tangential and meaningful learning to high school electrochemistry education through the implementation of a teaching sequence based on scenes featuring the character Iron Man. The proposal stems from the observation that many students struggle to assimilate scientific concepts, particularly when the content does not directly relate to their interests or prior experiences. To address this challenge, a qualitative methodological approach was adopted and carried out with a third-year high school class at a state public school in Pernambuco, integrating elements of cinematic culture into formal instruction. The teaching sequence comprised three pedagogical sessions and a case study in which students were challenged to solve the "Iron Man murder" mystery using the principles of electrochemistry. The activities were designed to stimulate student curiosity and engagement, promoting knowledge construction through meaningful interactions with previously acquired content. Data were collected through logbook entries, written productions, and analysis of student attendance. The results indicated that students who fully participated in the activities demonstrated a deeper understanding of the concepts of oxidation-reduction, battery operation, and the schematization of electrochemical systems. The experience showed that the use of media narratives, when aligned with meaningful teaching strategies, can enhance interest, participation, and the assimilation of complex content such as electrochemistry. It was concluded, therefore, that the integration between cinema, tangential learning and Chemistry teaching constitutes an effective pedagogical alternative, especially in contexts where there is low motivation and conceptual difficulties among students.

Keywords: Electrochemistry; Chemistry Teaching; Meaningful Learning; Tangential Learning; Case Study; Cinema.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL.....	14
3.2	O ENSINO DE ELETROQUÍMICA.....	15
3.3	O PAPEL DO PRAZER NA APRENDIZAGEM.....	17
3.4	O PAPEL DA APRENDIZAGEM TANGENCIAL E O USO DE CINEMA EM SALA.....	18
3.5	A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	19
3.6	O USO DE ESTUDOS DE CASO NO ENSINO.....	22
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	25
4.2	SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA.....	25
4.2.1	Campo de Pesquisa.....	25
4.2.2	Sujeitos de Pesquisa.....	27
4.3	OBTENÇÃO DE DADOS.....	28
4.3.1	Sequência Didática.....	28
4.3.2	Coleta De Dados.....	31
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1	FREQUÊNCIA DOS ESTUDANTES AO DECORRER DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	34
5.2	PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	37
5.3	QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	40
5.4	PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES DURANTE OS MOMENTOS EM SALA DE AULA.....	42
5.5	RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	43
5.5.1	Desafio do Potencial Padrão e da Pilha de Daniell.....	44
5.5.2	Desafio do uso da Equação de Nernst.....	46

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	53
	APÊNDICE B – PLANO DE AULA ENCONTRO 01.....	54
	APÊNDICE C – PLANO DE AULA ENCONTRO 02.....	56
	APÊNDICE D – PLANO DE AULA ENCONTRO 03.....	58
	APÊNDICE E – MATERIAL DE AULA ENCONTRO 01.....	60
	APÊNDICE F – MATERIAL DE AULA ENCONTRO 02.....	69
	APÊNDICE G – ESTUDO DE CASO.....	74
	APÊNDICE H – INSTRUÇÕES PARA A RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	86

1 INTRODUÇÃO

Pilhas e baterias desempenham um papel cada vez mais relevante no cotidiano, especialmente com o avanço tecnológico, que induz as pessoas a consumirem de forma desenfreada aparelhos dependentes dos sistemas eletroquímicos citados, como: brinquedos eletrônicos, smartphones, notebooks e tablets. Dessa forma, é fundamental que qualquer cidadão compreenda a logística do ciclo de vida desses produtos para garantir sua utilização segura para si e para o meio ambiente. Para isso, a Química, enquanto ciência que estuda a matéria e suas transformações, pode proporcionar uma fundamentação pertinente a essa problemática não apenas no contexto de uma formação crítica do cidadão, mas também buscando alternativas tecnológicas por meio de pesquisas científicas, sobretudo na área da eletroquímica. Esse campo do conhecimento permite uma compreensão crítica das reações envolvidas no funcionamento de pilhas e baterias, além de possibilitar reflexões sobre as implicações ambientais relacionadas a esses sistemas.

Contudo, na Educação Básica os conceitos de eletroquímica apenas são abordados no oitavo ano do Ensino Fundamental, de forma introdutória a partir de questões relacionadas à eletricidade, trazendo uma introdução inicial aos impactos ambientais associados ao descarte inadequado de pilhas e baterias e na segunda série do Ensino Médio, com uma abordagem conceitual da eletroquímica, conforme estabelecido pela Base Nacional Comum Curricular - BNCC - (Brasil, 2018).

A eletroquímica investiga a relação entre energia química e energia elétrica, explicando os processos de conversão entre essas formas de energia com base no princípio da espontaneidade (Atkins, 2006). As reações espontâneas ocorrem em sistemas de pilhas e baterias, enquanto os processos não espontâneos, como a eletrólise, exigem um fornecimento externo de energia. Essa área da química analisa os fenômenos de transferência de elétrons nas reações químicas, os quais resultam na geração de energia elétrica. Muitas reações químicas envolvem a passagem de elétrons entre elementos, modificando seus estados de oxidação. Nesse contexto, o ganho de elétrons caracteriza a redução, enquanto a perda de elétrons define a oxidação. O conjunto desses processos constitui as reações de oxirredução, ou redox, em que o agente redutor é aquele que cede elétrons e o agente oxidante é aquele que os recebe (Shriver; Atkins, 2008).

No material didático do segundo ano do Ensino Médio, a eletroquímica é introduzida por meio de uma contextualização histórica dos conceitos fundamentais da área. Posteriormente, são apresentados exemplos práticos de pilhas e baterias no cotidiano, evidenciando sua presença em diferentes dispositivos eletrônicos (Mortimer, Machado, 2018).

De modo geral, os estudantes se desinteressam ou têm dificuldades para compreender conceitos científicos. O desinteresse ocorre pelo conflito de tentar compreender sem correlação a nada que já lhes seja comum, ou seja, ancorado a seus conhecimentos prévios. Um exemplo dessa dificuldade é o processo de ensino dos níveis eletrônicos de um átomo, em que frequentemente alunos relatam não compreender por se tratar de conhecimentos abstratos e complexos (Barreto, 2017). Diante desse obstáculo é comum que os discentes se sintam desmotivados e apresentem menor interesse pelo conteúdo, o que representa um desafio adicional ao processo de aprendizagem.

Em contraposição a isso, a teoria da aprendizagem tangencial propõe que o conhecimento deve ser adquirido de maneira prazerosa e indireta, por meio de elementos lúdicos como jogos ou filmes, estimulando a curiosidade dos estudantes com temas de seu interesse (Wexell, Machado, 2017). Nesse sentido, ao assimilar uma ideia ou informação, independentemente do contexto em que foi apresentada, o indivíduo pode utilizá-la como base para novas aprendizagens. Abordagens dessa natureza podem por sua vez ser um caminho para a Aprendizagem Significativa. Uma vez que a Teoria da Aprendizagem Significativa defende que novos conhecimentos são assimilados com base nas interações entre conceitos previamente adquiridos e informações novas, desde que essa relação seja substancial e não arbitrária (Moreira, 2012).

O uso de filmes em sala de aula tem se mostrado um recurso eficiente para facilitar a assimilação de conceitos científicos (Silva *et al.*, 2022). Além disso, a crescente popularidade de filmes de super-heróis tornou-se evidente, atingindo grande parte do público da Educação Básica (Felizardo, 2022). Muitos estudantes demonstram familiaridade com personagens como Tony Stark, conhecido como Homem de Ferro, que é retratado como um gênio da ciência e da tecnologia.

Assim, este trabalho tem como objetivo central analisar as contribuições da aprendizagem tangencial, estruturada em uma sequência didática, para a assimilação significativa dos conceitos de eletroquímica. E para isso, buscou-se explorar as

conexões entre essa temática e as questões ambientais associadas ao descarte e ao manuseio inadequado de pilhas e baterias, considerando os desafios inerentes ao ensino desse conteúdo. A partir dos princípios da aprendizagem tangencial, investigou-se as potencialidades da utilização de narrativas e contextos relacionados ao personagem Homem de Ferro na construção de conhecimentos prévios que puderam servir como subsunçores para aprendizagens futuras. Essa análise foi realizada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apontar as contribuições de uma abordagem de Ensino Tangencial, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de conceitos da Eletroquímica no Ensino Médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a assimilação de fatos, conceitos, contextos e procedimentos apresentados em trechos de filmes à estrutura cognitiva dos participantes, expressa pela emergência do uso de termos, explicações e fundamentações em seus argumentos.

Apreciar a mobilização desses saberes como subsunçores em aprendizagens posteriores.

Investigar o desenvolvimento do pensamento crítico a partir da abordagem proposta.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL

A Química esteve presente desde o primeiro momento da concepção do universo e participou de todos os processos que conduziram a humanidade ao estágio em que se encontra atualmente. Os conhecimentos empíricos relacionados a essa área foram transmitidos entre diversas civilizações até o advento de uma ideia formalizada, que impulsionou seus maiores avanços. Desde esse período, até o presente momento, houveram várias mudanças relativas ao desenvolvimento dessa área. Um exemplo disso é a revolução europeia, ocorrida entre os séculos XVII e XVIII, que é considerada um fenômeno vital para o desenvolvimento da humanidade, sendo marcada pela figura de Antoine Lavoisier, responsável por diversas descobertas e reconhecido como o pai da Química Moderna (Neves, 2008). Entretanto, nem todos os países europeus seguiram o mesmo ritmo de adesão dessa nova concepção de mundo, sendo um deles Portugal. Nessa época, o Brasil, por ainda ser uma colônia, foi fortemente influenciado pelas ideologias portuguesas em diversos cenários, dentre eles, o desenvolvimento da Química formalizada, que acabou sendo tardio (Lima, 2013).

Entre os séculos XVII e XVIII, a alquimia, conjunto de saberes que interligava espiritual com experimental, não exerceu grandes impactos em Portugal, tampouco a teoria do flogisto, exceto por algumas manifestações tardias que também não influenciaram significativamente o desenvolvimento científico do país. À época, Portugal parecia estar mais focado nas possibilidades de enriquecimento por meio da exploração colonial. Na educação formal, os portugueses demonstravam descaso em relação às áreas científicas. Somente no século XVIII, em 1772, a Química foi incorporada à matriz curricular do ensino superior, após uma reforma nessa modalidade promovida pela Universidade de Coimbra (Ferreira, 2010).

A educação brasileira teve início com a chegada dos jesuítas em 1549, os quais associavam os ideais religiosos ao processo de catequização, buscando converter os povos nativos encontrados no país. Apenas em 1774, as primeiras aulas de Química foram ministradas no Brasil por Domingos Vandelli, químico italiano contratado para lecionar na Universidade de Coimbra em 1774. Vandelli teve diversos discípulos brasileiros que desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento do ensino

de Química no Brasil, destacando-se Vicente Coelho, autor do primeiro livro nacional de Química (Ferreira, 2010).

Diversos estudos, como evidenciado por Lima (2013) corroboram a ideia de que a introdução tardia e a abordagem mecânica do ensino de Química no Brasil influenciam negativamente o interesse dos estudantes e o desenvolvimento do pensamento crítico. Lima (2013) destaca que, até o início dos anos 1800, o progresso científico e tecnológico brasileiro era limitado pelo desenvolvimento incipiente do ensino de Ciências, incluindo a Química. Essa defasagem histórica contribuiu para uma percepção distorcida da disciplina entre os alunos, que frequentemente não a associam ao cotidiano e demonstram desinteresse pelos conteúdos abordados em sala de aula.

Até essa época, porém, o ensino das Ciências era desprestigiado, pois se associava a formação de uma classe trabalhadora, o que o tornava muito pouco atrativo. Dessa forma, a memorização e a descrição eram as únicas formas metodológicas aplicadas no ensino das Ciências (Lima, 2013, p. 75).

Além disso, a ausência de conceitos prévios essenciais e a falta de estrutura adequada para a realização de atividades experimentais reforçam uma aprendizagem mecânica. Conforme apontado por Santos (2020), a visão simplista do potencial pedagógico da experimentação, aliada à dicotomia entre teoria e prática, resulta em lacunas na formação docente e no desinteresse dos alunos. Esses fatores, em conjunto, limitam o desenvolvimento do pensamento crítico em relação às questões químicas presentes no cotidiano.

Portanto, a combinação da introdução tardia da Química no currículo brasileiro, a abordagem predominantemente mecânica do ensino e as deficiências estruturais e formativas contribuem para a falta de interesse dos estudantes e para a dificuldade em desenvolver um pensamento crítico acerca dos temas químicos até os dias atuais, como, a exemplo do que se é explanado nesse trabalho, os tópicos atrelados ao estudo da eletroquímica.

3.2 O ENSINO DE ELETROQUÍMICA

Segundo Neves (2008), a Eletroquímica tornou-se uma área amplamente explorada a partir de meados do século XVIII, com o advento da Química Moderna. Nesse período, sua importância foi evidenciada não apenas na explicação de fenômenos observados e no desenvolvimento de sistemas como as pilhas, mas

também, no isolamento de diversos elementos químicos como: o sódio (Na) e o potássio (K). De modo geral, a Eletroquímica busca compreender os fenômenos relacionados às transições entre energia química e energia elétrica, caracterizando esses processos como espontâneos (caso das pilhas e baterias) ou não espontâneos (caso da eletrólise), a partir da transferência de elétrons (Atkins, 2006).

Ao abordar a transferência de elétrons responsável pela conversão de energia química em energia elétrica, ou seja, no funcionamento de pilhas e baterias, ocorrem reações químicas de oxirredução espontâneas para a geração de eletricidade. Dentro de uma pilha, observa-se um sistema no qual substâncias químicas reagem espontaneamente por meio da oxirredução. As pilhas possuem dois eletrodos; Ânodo: polo negativo, onde ocorre a oxidação. Cátodo: polo positivo, onde ocorre a redução. Além disso, pilhas e baterias contêm um eletrólito, uma solução condutora de íons. A movimentação dos elétrons entre os eletrodos gera uma corrente elétrica, que pode ser utilizada para o funcionamento de diversos dispositivos elétricos (Atkins, 2006).

Na eletrólise, observa-se o processo inverso ao das pilhas e baterias, pois a reação química é não espontânea e a transferência de elétrons resulta na conversão de energia elétrica em energia química. Para que essa reação ocorra, a energia elétrica é empregada com o objetivo de forçar a neutralização das cargas dos íons e a formação de substâncias simples. Esse processo acontece quando uma corrente elétrica proveniente de um gerador, como uma pilha ou uma bateria, atravessa um líquido iônico (substância fundida – eletrólise ígnea) ou uma solução aquosa contendo íons (eletrólise em meio aquoso). Dessa maneira, o cátion presente no meio recebe elétrons, enquanto o ânion doa elétrons, permitindo que ambos alcancem carga elétrica nula e armazenem energia química (Atkins, 2006).

A compreensão dos conceitos básicos relacionados aos processos eletroquímicos depende diretamente do domínio de conhecimentos prévios, os quais são essenciais para a explicação dos fenômenos envolvidos. Por se tratarem de conceitos complexos, os processos eletroquímicos exigem o desenvolvimento de um raciocínio mais elaborado por parte dos estudantes (Barreto, 2017). De acordo com Lima e Silva (2019), a análise de processos eletroquímicos, tais como reações de oxirredução e a condução de eletricidade por meio de soluções, é essencial para a compreensão de tecnologias que abrangem desde baterias até processos industriais, sendo crucial para o progresso no ensino de Química. Além de ser um canal mediador

para o desenvolvimento de um pensamento químico atrelado à interpretação de conceitos científicos.

Como destacado por Souza *et al.* (2020), o uso de recursos didáticos interativos e experimentos práticos simplifica a assimilação de conceitos complexos pelos estudantes. A utilização de modelos teóricos e a criação de atividades práticas são táticas eficientes para facilitar a compreensão e a contextualização dos processos eletroquímicos, além de permitir uma integração mais profunda entre teoria e prática no ensino de Química.

3.3 O PAPEL DO PRAZER NA APRENDIZAGEM

A psicanálise explica o processo de aprendizagem por meio do conceito de "sublimação", um termo utilizado para descrever a mudança do estado sólido para o gasoso sem passar por uma fase intermediária. Freud associou esse princípio à construção do conhecimento, sugerindo que a etapa intermediária ausente no processo de aprendizagem corresponderia ao prazer experimentado durante esse percurso. Conforme expõe Shirahige:

Por intermédio do mecanismo da sublimação, os indivíduos podem dedicar-se a atividades 'espiritualmente elevadas' como as relacionadas com a arte, a ciência, a promoção de valores humanos e de melhores condições de vida" (Shirahige, 2004, p. 38).

Dessa forma, a teoria psicanalítica sugere que a aprendizagem deveria envolver não apenas o saber, mas também o refletir e o sentir. Contudo, nem sempre as ações voltadas à aprendizagem são processos prazerosos ou revestidos de significado para o estudante. Essa deficiência pode se tornar problemática quando aplicada a conteúdos considerados complexos e com implicações tão amplamente presentes no cotidiano, como a eletroquímica, que frequentemente apresenta desafios interpretativos aos alunos.

Na Educação Básica, conforme estabelecido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a eletroquímica deve ser abordada no segundo ano do Ensino Médio com o objetivo de que, ao final do processo de ensino-aprendizagem, os estudantes possam compreender qualitativa e quantitativamente o funcionamento de sistemas como: pilhas, baterias e eletrólise, analisando seu potencial elétrico, suas reações constituintes e a durabilidade desses sistemas, além de desenvolver uma visão crítica sobre suas implicações ambientais (Brasil, 2018). Nesse contexto, Silva,

Silva e Aquino (2014) ressaltam a importância de discutir essas questões no cenário educacional:

Ao começar a discussão sobre eletroquímica no ensino médio, pode-se destacar as pilhas que são descartadas indevidamente no meio ambiente, sendo considerados tóxicos os resíduos presentes nas mesmas quando lançadas em lixões, nas margens das estradas ou terrenos baldios, comprometendo a qualidade ambiental e a vida da população. Tal discussão permite uma formação mais cidadã dos estudantes com melhor interação com as ações que estejam em sua volta" (Silva, Silva e Aquino, 2014, p. 46).

A complexidade da eletroquímica deve-se, em parte, à necessidade de conhecimentos prévios, como a compreensão de determinados comportamentos atômicos, que costumam ser abordados de forma abstrata. Essa dificuldade é destacada por Barreto (2017):

O conhecimento eletroquímico é complexo, pois exige algum raciocínio mais elaborado, dificultando, em alguns momentos, o estabelecimento de analogias com fenômenos do mundo macroscópico. Afinal, não é fácil entender que, em uma reação de oxidação e redução (como, por exemplo, nos fenômenos de corrosão), uma substância doa elétrons para outra, e que essa transferência de elétrons gera corrente elétrica" (Barreto, 2017, p. 52).

Diante desse desafio, torna-se essencial a adoção de estratégias didáticas que facilitem a assimilação dos conceitos eletroquímicos pelos estudantes. Nesse sentido, os modelos de aprendizagem significativa e tangencial emergem como alternativas eficazes para superar essas dificuldades. Essas abordagens possibilitam uma construção mais efetiva do conhecimento ao integrar os saberes prévios dos alunos com os novos conteúdos, promovendo um aprendizado mais dinâmico e contextualizado.

3.4 O PAPEL DA APRENDIZAGEM TANGENCIAL E O USO DE CINEMA EM SALA

O conceito de aprendizagem tangencial remete ao processo de aprendizagem de maneira indireta em um primeiro momento, motivo pelo qual recebe essa denominação. Seu princípio parte do pressuposto de que a construção do conhecimento se torna mais proveitosa quando a curiosidade e o prazer pelo aprofundamento em determinados tópicos estão envolvidos. Conforme explica Wexell, Machado (2017):

O conceito de aprendizagem tangencial, por sua vez, está associado ao universo dos videogames e à ideia de envolvimento por prazer (motivação intrínseca), não por mera execução de tarefas e cumprimento de objetivos

externamente orientados (motivação extrínseca) (Wexell; Machado, 2017, p. 18).

Dado que assuntos complexos, como a eletroquímica, podem gerar desinteresse dos estudantes devido à dificuldade de compreensão, métodos como a aprendizagem tangencial são capazes de resgatar sua atenção. Embora essa abordagem esteja fortemente vinculada ao universo dos videogames, também é possível aplicá-la ao contexto cinematográfico (Leite, 2016). O uso do cinema em sala de aula, sob a ótica da aprendizagem tangencial, tem a função de despertar o interesse dos alunos sobre determinado tema presente na obra, incentivando-os a aprofundar-se de maneira autônoma e transformando essas informações em conhecimento prévio. Ainda sobre o uso de recursos audiovisuais no ensino, Silva *et al.* destacam:

O uso de filmes no processo de ensino-aprendizagem tem ganhado espaço de discussão e tem mostrado um grande potencial. Eles têm sua própria forma de tratar a ciência, com criatividade e cores que atraem a atenção do aluno, demonstrando conceitos, que por vezes são adquiridos por quem assiste (Silva *et al.*, 2022, p. 734).

Os filmes de super-heróis têm conquistado cada vez mais espaço no meio cinematográfico, fenômeno que pode ser atribuído, em parte, ao vínculo afetivo que estabelecem com o público (Felizardo, 2022). Uma parcela significativa dessa audiência encontra-se inserida na Educação Básica. A Marvel, um dos estúdios cinematográficos mais renomados da atualidade, tem Tony Stark (o Homem de Ferro) como um de seus personagens mais populares. Apresentado como um gênio, filantropo e bilionário, Anthony Edward Stark (Tony Stark) foi o inventor do reator ARC, principal fonte de energia da armadura do Homem de Ferro, também concebida e projetada por ele (Homem de Ferro, 2008).

3.5 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Moreira e Masini (1982), Ausubel é um representante do cognitivismo que propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem. Mesmo levando em conta o ponto de vista cognitivista, ele reconhece a importância da experiência afetiva.

A psicologia cognitivista preocupa-se com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso de da informação envolvida na cognição, e tem como objetivo identificar padrões estruturados dessa transformação (Moreira; Masini, 1982, p. 3).

Assim, segundo esse pressuposto cognitivista, a aprendizagem vem a ser um processo de armazenamento de informação, que podem ser usadas e manipuladas no futuro. Ainda de acordo com os autores, essa teoria parte do pressuposto de que os alunos aprendem melhor quando são capazes de relacionar os novos conteúdos com seus conhecimentos prévios, atribuindo-lhes significado e relevância em suas vidas. A abordagem da proposta feita Moreira e Masini (1982), é que a aprendizagem significativa se realiza quando temos:

material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica e interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade (Moreira; Masini, 1982, p.4).

A teoria da aprendizagem significativa tem como base os princípios da teoria cognitiva de Ausubel, que enfatiza a importância da organização e integração das informações na mente do aluno. Segundo Ausubel (2003, p. 43), “uma experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada, emerge com sinais, símbolos e conceitos e proposições potencialmente significativas”. Aqui, Ausubel está se referindo aos elementos do conteúdo de aprendizagem. Em que sinais podem incluir palavras, gráficos, fórmulas, entre outros; símbolos a exemplo de imagens cinematográficas, que ficam guardadas na memória do aprendiz. Tais imagens e declarações são fundamentais para o entendimento de determinado assunto, podendo ser utilizados no ensino de eletroquímica.

A ideia central da teoria de Ausubel, segundo Moreira e Masini (1982, p. 7), é que o fator mais importante que influencia na aprendizagem é o que o aluno tem de conhecimento prévio. Além disso, é importante que o estudante tenha interesse e motivação para aprender, reconhecendo a relevância do conhecimento para sua vida. Moreira (2003) destaca a importância do papel do professor como mediador para que nesse processo de aprendizagem o aluno tenha um papel mais ativo. Logo, o professor deve ser capaz de identificar esses conhecimentos prévios dos alunos, estabelecendo pontes entre esses saberes e o conteúdo a ser ensinado.

Moreira e Masini (1982), defendem que a aprendizagem se torna mais significativa quando os alunos são desafiados a resolver problemas reais, relacionados ao seu cotidiano ou a situações práticas. Dessa forma, os estudantes são incentivados a buscar soluções, mobilizando seus conhecimentos prévios e construindo novos saberes. Wartha *et al* (2013), enfatizam a importância de relacionar

os conteúdos científicos aos conhecimentos prévios dos alunos e às suas experiências cotidianas, facilitando a compreensão e promovendo uma aprendizagem mais duradoura.

Segundo Ausubel (2003, p. 1), o processo de aprendizagem significativa diz que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de forma não arbitrárias e não literal ao que o aluno já sabe. A aprendizagem significativa diz que: o material usado seja potencialmente significativo para o aprendiz, relacionável a seu conhecimento prévio, a fim de que assim o aprendiz tenha disposição para relacionar o novo material de maneira substantiva e não literal a sua estrutura prévia.

Esse pressuposto fundamenta-se em dois fatores essenciais: primeiramente, a qualidade do material de ensino, que deve apresentar-se como “logicamente significativa”; em seguida, a estrutura cognitiva do aprendiz, a qual abrange tanto os conceitos previamente consolidados quanto os aspectos motivacionais. No que se refere a essa segunda condição, Ausubel (2003) enfatiza que, independentemente do grau de potencial significatividade do material, caso a intenção do estudante seja apenas memorizar de modo arbitrário e literal, o processo de aprendizagem, assim como o produto dele decorrente, revelar-se-á mecânico e destituído de sentido.

Segundo o autor, devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são obrigatoriamente únicos. É importante reconhecer que o desejo pelo conhecimento é fundamental para o processo de aprendizagem. Por mais que um professor se esforce em trazer novidades e métodos diferentes para a sala de aula, se o aluno não for motivado a aprender, o impacto da ação será limitado.

Ao considerar o filme e as informações adquiridas pelo estudante acerca de sua temática como um conhecimento prévio, torna-se possível explicar a construção do conhecimento a partir desse ponto por meio da aprendizagem significativa. Essa abordagem tem como base os princípios da teoria cognitivista de Ausubel (2003), que trata da organização e assimilação das informações na mente do estudante ao longo do processo educacional. Segundo Moreira (2012, p. 2), "Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe."

O conhecimento prévio assume, portanto, o papel de subsunçor, conforme descrito na teoria da aprendizagem significativa, funcionando como uma ideia-âncora que possibilita a aquisição, ressignificação e consolidação de novos saberes (Moreira, 2012). No contexto do filme Homem de Ferro, o protagonista Tony Stark é frequentemente retratado lidando com sistemas análogos aos presentes em pilhas e baterias, especialmente no que se refere ao reator ARC. Esse cenário se apresenta como uma oportunidade para uma abordagem diferenciada dos conceitos de eletroquímica, favorecendo uma construção do conhecimento mais dinâmica e envolvente.

Para complementar essa estratégia, propôs-se a realização de uma atividade baseada em estudo de caso, caracterizada como análise qualitativa. O estudo de caso permite uma participação mais ativa do estudante no processo de ensino-aprendizagem, proporcionando um olhar mais técnico, centrado na identificação de uma situação-problema e na busca por sua resolução. Esse método incentiva o estudante a formular hipóteses, questionar, argumentar, debater, tirar conclusões e, diante de eventuais erros, revisar suas ideias e reiniciar o ciclo de aprendizagem. A situação-problema proposta pelo docente deve apresentar contexto e narrativa, estar relacionada ao conteúdo abordado em sala de aula, não permitir uma solução imediata e ser relevante para o estudante, servindo como estímulo ao seu interesse (Sá, 2007).

[...] o uso de casos é a instrução pelo uso de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas. Na aplicação deste método, o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo (Sá, 2007).

Sendo assim, pode-se concluir que, dentro do contexto da sequência proposta a aprendizagem torna-se significativa perante o redirecionamento dos conhecimentos prévios trazidos pelos estudantes para uma assimilação com os tópicos conceituais abordados ao decorrer do que se é estudado na eletroquímica.

3.6 O USO DE ESTUDOS DE CASO NO ENSINO

O estudo de caso foi a abordagem inovadora escolhida para facilitar o processo de construção do conhecimento, não apenas no âmbito das ciências da natureza, mas também, sob a perspectiva de outras áreas afins. Além disso, o que permite tornar a

aprendizagem significativa é colocar o estudante no centro desse processo, assumindo o protagonismo de sua aprendizagem, enquanto o professor atua como mediador das informações apresentadas (Sá, 2007).

Diante dos diversos desafios associados ao ensino de Química no Brasil, além das aprendizagens tangenciais e significativas, torna-se essencial a utilização de abordagens que viabilizem sua superação. Para isso, faz-se necessário que os estudantes não só sejam instigados a relacionar novas situações a experiências particulares, como também, a refletir sobre conexões, diferenças, generalizações ou adaptações de contexto. Nesse sentido, os estudos de caso desempenham um papel crucial.

O método de Estudo de Caso é uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), também conhecido como “Problem Based Learning (PBL)”. [...] Trata-se de uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o contato com problemas reais, antes de alcançarem os semestres finais do curso (Sá, 2007, p. 731).

Segundo Sá (2007), essa abordagem pode ser aplicada por meio de quatro formatos distintos, que podem ser adotados pelo professor: tarefa individual, aula expositiva, discussão e atividades em pequenos grupos. No formato de tarefa individual, o estudante deve resolver e explicar, de forma autônoma, a história proposta pelo professor. Já na aula expositiva, o caso é apresentado de maneira detalhada e com objetivos claramente definidos, permitindo a integração de diálogos e debates sobre o tema. No formato de discussão, o caso traz um dilema que deve ser debatido coletivamente pelos estudantes. Por fim, nas atividades em pequenos grupos, os estudantes são organizados em equipes reduzidas e têm como objetivo solucionar um caso baseado em uma história que reflete o contexto social em que estão inseridos.

Com a popularização dos estudos de caso, essa modalidade começou a ser amplamente explorada no campo do ensino de ciências. Diversos trabalhos surgiram destacando os benefícios e as aplicações dos estudos de caso para o ensino de Química, evidenciando o papel fundamental desse método no desenvolvimento de um pensamento crítico em relação aos conceitos científicos associados aos fenômenos do cotidiano.

Durante a realização da atividade os alunos fizeram questionamentos relacionados não apenas ao conteúdo científico dos artigos como também

sobre o seu processo de produção e, conseqüentemente, sobre o próprio processo de construção da ciência (Sá, 2007, p. 733).

A citação de Sá (2007) evidencia um dos aspectos mais enriquecedores da aplicação do estudo de caso no ensino de Química: a capacidade de despertar nos alunos não apenas o interesse pelo conteúdo científico em si, mas também, uma reflexão crítica sobre a construção do conhecimento científico. Quando os estudantes questionam tanto os conceitos apresentados nos artigos, quanto o próprio processo de produção científica, demonstra-se que a metodologia adotada não apenas os engaja no aprendizado do conteúdo, mas os incentiva a compreender a ciência como um campo dinâmico, sujeito a investigações, debates e aprimoramentos constantes.

Esse fenômeno reforça a importância de abordagens pedagógicas que favoreçam o pensamento crítico e a autonomia intelectual, promovendo um aprendizado que vai além da simples memorização de informações. Ao inserir os alunos em um contexto de investigação e resolução de problemas, o estudo de caso estimula a formulação de hipóteses, a argumentação baseada em evidências e a capacidade de correlacionar teoria e prática.

No ensino de Química, essa estratégia se torna ainda mais relevante, pois permite que os estudantes enxerguem a disciplina como algo aplicável ao seu cotidiano, relacionando-a a questões ambientais, tecnológicas e sociais. Além disso, ao integrar elementos midiáticos populares, como os filmes, a proposta se torna ainda mais atrativa, favorecendo o engajamento dos estudantes e tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

Portanto, a análise do estudo de caso reforça que, para um ensino de Química eficaz, é necessário ir além da simples transmissão de conteúdos. É fundamental proporcionar experiências que estimulem a curiosidade, a investigação e a reflexão crítica, permitindo que os estudantes compreendam a ciência não apenas como um conjunto de conceitos prontos, mas como um campo em constante evolução, permeado por desafios e descobertas. Dessa forma, o aprendizado se torna mais profundo e significativo, preparando os alunos para uma atuação mais consciente e crítica tanto no ambiente acadêmico quanto na sociedade. Sendo essa a pretensão deste trabalho, entende-se que o uso de filmes para promover a construção de um olhar crítico, associando o mundo fictício ao mundo real através de um estudo de caso viabiliza o processo de construção do conhecimento na área da eletroquímica.

4 METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa em questão caracterizou-se como qualitativa, com foco nos significados atribuídos pelos participantes (Nascimento, 2016), com caráter exploratório, adaptando métodos e análises para compreender os fenômenos em seu contexto, proporcionando uma análise detalhada e interpretativa (Rambo; Ferreira, 2023; Leão 2017) e propõe-se a investigar a aplicação das estratégias próprias do ensino tangencial na abordagem de tópicos da eletroquímica, utilizando filmes de super-heróis como ferramenta didática para promover a compreensão de conceitos científicos complexos. A proposta consistiu em explorar cenas do personagem Homem de Ferro para ilustrar conceitos como: reações de oxirredução e o funcionamento de pilhas e baterias, propiciando situações didáticas apropriadas e reflexão acerca do contexto da eletroquímica. Além disso, associou elementos da cultura cinematográfica à compreensão de conteúdo científico na expectativa que os estudantes desenvolvam um maior interesse e compreensão contextualizada dos tópicos.

Partindo de cenas relevantes dos filmes, pretendeu-se provocar a curiosidade científica dos estudantes a respeito dos conceitos explorados naquelas produções cinematográficas. Desse modo, esperou-se que a abordagem não apenas aumentasse o engajamento dos alunos, mas também promova uma aprendizagem mais duradoura e sustentável.

Em suma, este trabalho visou explorar o potencial da aprendizagem tangencial mediada por filmes de super-heróis como uma estratégia inovadora para o ensino de eletroquímica, contribuindo para a melhoria das práticas pedagógicas na educação científica.

4.2 SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA

4.2.1 Campo De Pesquisa.

Fundada em 1977 em Bezerros PE, a escola recebeu o nome de Centro de Educação Rural Eurico Queiroz (CEREQ) por ter uma filosofia diretamente voltada para o campo, ofertando da 1ª à 8ª série no 1º Grau e da 1ª à 3ª série no 2º Grau com

habilitação em Técnico em Agropecuária até o início da década de 90. Em 1991 direcionou sua filosofia para a formação de professores, passando a ofertar o 2º Grau Magistério.

Seguindo as novas diretrizes da Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 9.394/96, em 2003 a escola passou a ofertar Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Normal-Médio, recebendo o nome de Escola Estadual Eurico Queiroz.

Em 2019, segundo determinações do Programa de Educação Integral de Pernambuco, instituído pela Lei Complementar nº 125/2008, a escola passou oferecer Ensino Fundamental – Anos Finais – integral de 35 horas/aulas no primeiro turno e Médio integral de 35 horas/aulas no segundo turno e por isso, recebendo a nova denominação de Escola De Referência Em Ensino Fundamental E Médio Eurico Queiroz (EREFMEQ).

O Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola não é atualizado desde o ano de 2017, levando em conta as grandes mudanças ocorridas na educação e na própria instituição nos últimos oito anos, ele precisa ser reformulado e adequado à realidade atual. Por isso, a caracterização aqui apresentada é baseada especialmente nas observações realizadas no momento de visitas à escola campo de pesquisa.

A Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Eurico Queiroz está localizada na Avenida Francisca de Moraes, próxima ao centro da cidade e de fácil acesso para os estudantes da área urbana e rural. Ela funciona pela manhã, tarde e noite, atendendo seiscentos e sete alunos do Ensino Fundamental Anos Finais das sete às quatorze e trezentos e vinte e sete alunos do Ensino Médio das quatorze horas e vinte minutos às vinte horas e trinta minutos com sete horas/aulas em cada turno. O Ensino Fundamental Anos Finais tem 15 turmas, sendo: três sextos anos (A, B e C), quatro sétimos anos (A, B, C e D), quatro oitavos anos (A, B, C e D) e quatro nonos anos (A, B, C e D). Já o Ensino Médio possui 10 turmas, sendo: quatro primeiros anos (A, B, C e D), três segundos anos (A, B e C) e três terceiros anos (A, B e C).

Remetendo ao espaço físico do local, a escola possui uma área espaçosa que abriga quinze salas de aula climatizadas com ar-condicionado e equipadas com projetores, cinco sanitários, sendo um deles separado para os estudantes com

necessidades especiais, uma sala de recursos multifuncionais para atendimento a estudantes com necessidades especiais, duas quadras, uma coberta e outra de areia, um laboratório de ciências, um laboratório de linguagens, um laboratório de matemática e física, um laboratório de informática, uma sala de dança, uma cozinha experimental, utilizada pelos alunos na eletiva de culinária, uma sala de jogos de mesa, um auditório amplo, uma área com espaço de convivência, uma biblioteca, uma sala de recursos didáticos, um almoxarifado, uma despensa com produtos destinados à limpeza da escola, uma cozinha, uma despensa de alimentos, área ampla para estacionamento, uma secretaria, uma sala de gestão, uma sala de coordenação, uma sala dos professores e uma copa para os funcionários.

4.2.2 Sujeitos De Pesquisa

O novo formato de distribuição das aulas estabelecido para o Ensino Médio resultou em uma redução significativa na carga horária de diversas disciplinas, incluindo Química. No entanto, considerando que o currículo permanece extenso e que o calendário estadual de Pernambuco para 2025 dividiu o ano letivo em trimestres, novos desafios surgem no processo de construção do conhecimento tanto nessa quanto nas demais áreas da matriz curricular do estado.

Com base em observações realizadas em sala de aula, os terceiros anos da escola campo foram selecionados como público-alvo da pesquisa. Essa escolha foi fundamentada em um diálogo com o professor responsável pela disciplina de Química, no qual se constatou que esses estudantes necessitam de uma revisão aprofundada dos conceitos de eletroquímica, uma vez que esses conteúdos não foram devidamente explorados no ano anterior, em virtude das alterações sofridas com na matriz curricular do Novo Ensino Médio, implementadas em 2024.

Por outro lado, a aplicação da proposta pedagógica foi descartada para os segundos anos, pois essas turmas ainda levarão mais tempo do que o previsto para estudar tais conceitos em sala de aula, já que ainda precisam explorar outros tópicos dados como conceitos prévios necessários para a eletroquímica. Essa defasagem decorre das dificuldades geradas pelas constantes reformulações no Ensino Médio, que impactaram diretamente o ritmo de aprendizagem dos estudantes.

4.3 OBTENÇÃO DE DADOS

4.3.1 Sequência Didática

Essa sequência didática foi inspirada no estudo de Paiva et al. (2021), que propõe uma estratégia para o ensino de estequiometria utilizando a personagem Feiticeira Escarlata, da Marvel. O trabalho foi desenvolvido para aplicação junto aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Eurico Queiroz na cidade de Bezerros-PE, ano letivo de 2025. A elaboração dessa proposta decorreu de observações realizadas durante o Estágio Supervisionado II e das vivências no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) ao longo do ano de 2024. A partir da convivência com o corpo discente e dos diálogos estabelecidos com os docentes da disciplina de Química nessa instituição de ensino, foi possível identificar algumas das principais dificuldades no processo de construção do conhecimento na área.

A popularidade dos filmes de super-heróis é inegável, sendo esse um universo cultural em constante crescimento, com um público predominantemente jovem, que também compõe parte significativa dos estudantes da Educação Básica. Considerando essa realidade, os estudos na área da aprendizagem tangencial abordam o envolvimento por prazer, segundo o qual o indivíduo é estimulado a envolver-se em determinada temática real ou imaginária e aprofundar-se, teoricamente, num tema presente nessa realidade ficcional que despertou o seu interesse para sua aplicação no contexto real, estabelecendo conexões com tópicos conceituais básicos ali abordados (Wexell Machado, 2017). Em consonância com essa abordagem, a teoria da aprendizagem significativa afirma que o material didático utilizado deve ser potencialmente significativo para o estudante, de modo que ele possa associá-lo a um conhecimento prévio já consolidado (Moreira, 2012).

A sequência didática desenvolvida neste estudo visa integrar esses dois princípios, de forma a promover um processo de ensino e aprendizagem eficaz, utilizando o personagem Tony Stark, criado pelo escritor Stan Lee, como estratégia para abordar a eletroquímica. Na narrativa do personagem, além do desenvolvimento da armadura do Homem de Ferro, há a manipulação de um reator cuja lógica de funcionamento se assemelha à de baterias. Como a eletroquímica é um conteúdo de

maior complexidade, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento do raciocínio necessário para a compreensão de seus conceitos e, considerando o atual cenário da carga horária reduzida da disciplina de Química no Ensino Médio, é possível buscar novas abordagens que tornem o processo de aprendizagem mais atrativo aos estudantes. Seguindo o esquema de ações ilustrado no Quadro I.

Quadro I – Ações promovidas durante a sequência didática

Ações promovidas durante a sequência didática – Quadro I		
Período	Ação	Duração
Antes dos encontros	I. Aplicação em sala do questionário pré-sequência didática.	20 minutos
	II. Disponibilização do filme Homem de Ferro (2008) para que os estudantes assistam em suas casas.	126 minutos
Encontro 01	Introdução aos conceitos iniciais da Eletroquímica: uso de cenas do personagem Homem de Ferro para a assimilação dos tópicos teóricos.	100 minutos
Encontro 02	Pilhas, baterias e contaminação: ênfase nos materiais usados na fabricação das pilhas e baterias, explorando o efeito de sua contaminação tanto no meio ambiente quanto no organismo dos seres humanos.	50 minutos
Encontro 03	Encerramento da sequência didática com estudo de caso: os estudantes foram convidados a resolver o caso do assassinato do Homem de Ferro e a socializar suas conclusões.	100 minutos

Fonte: Elaboração própria (2025).

Para isso, inicialmente, aplicou-se um questionário pré-sequência didática com o intuito de usar as respostas de base comparativa aos dados coletados perante a resolução do estudo de caso proposto. Posteriormente, exibiu-se, em sala de aula,

uma cena provocadora do filme *Homem de Ferro* (2008). Desse modo, os estudantes foram provocados a pensar e pesquisar sobre o personagem Tony Stark, a temática da cena e a relação dela com os conceitos de eletroquímica. Ao final do diálogo pedagógico, disponibilizou-se o link do primeiro filme da franquia do *Homem de Ferro* via *Google Drive* para que os estudantes curiosos pudessem aprofundar suas hipóteses a respeito da teoria abordada.

O primeiro encontro da sequência didática ocorreu ao longo de duas horas/aulas (100 minutos), iniciando-se com uma discussão na qual os estudantes foram convidados a relacionar o uso de pilhas e baterias ao seu cotidiano. Eles foram questionados sobre sua compreensão acerca do funcionamento e desenvolvimento desses dispositivos. Após esse diálogo inicial, apresentaram-se cenas do personagem *Homem de Ferro*, usando-as para provocar uma associação do contexto da eletroquímica aos fenômenos químicos imaginários explorados no filme. Em seguida construir-se, coletivamente, por indução a conceituação do conteúdo associado às cenas do personagem.

O segundo encontro, com duração de uma hora/aula (50 minutos), iniciou-se novamente com um diálogo, no qual os estudantes foram questionados sobre o descarte de pilhas e baterias em seu cotidiano. Posteriormente, com o auxílio de slides, foram aprofundados os conceitos sobre esses dispositivos, abordando sua composição, os impactos ambientais do descarte inadequado e os riscos de intoxicação por substâncias presentes nas pilhas e baterias.

O último encontro, com duração total de duas horas/aulas (100 minutos), os estudantes foram desafiados a resolver um estudo de caso com a temática de um crime fictício: o assassinato de Tony Stark. Cada grupo, formado por um quarto da quantidade total dos estudantes presentes em sala, teve um tempo determinado para analisar o caso, levantar hipóteses e elaborar uma explicação plausível para a solução do mistério. Para tanto, essa explicação deveria apresentar: os eletrodos utilizados na pilha ilustrada no caso em estudo; a linguagem científica adequada à esquematização do sistema eletroquímico; a toxicidade dos íons metálicos no organismo humano; as formas químicas dos metais após a reação da pilha e a concentração dos produtos iônicos gerados pelo sistema. Ao final da atividade, os grupos socializaram suas respostas e por meio de um debate entre os participantes chegou-se à conclusão do

caso. Então a resposta final foi discutida coletivamente, consolidando os conceitos abordados na sequência didática.

4.3.2 Coleta De Dados

Durante todo o processo, a frequência dos estudantes foi rigorosamente monitorada, servindo como critério para a seleção dos participantes da análise de dados. Além disso, os diálogos estabelecidos ao longo dos encontros desempenharam um papel fundamental, sendo registrados de forma sistemática por meio de anotações detalhadas em um diário de bordo. Esses registros não apenas auxiliaram no processo avaliativo, mas também, permitiram uma compreensão mais aprofundada do envolvimento dos alunos e de suas percepções ao longo da atividade.

Assim a avaliação desta proposta ocorreu de maneira contínua e abrangente, considerando não apenas a participação ativa dos estudantes, mas a evolução de suas reflexões e o desenvolvimento de suas habilidades críticas e analíticas. A eficácia da sequência proposta, associada ao estudo de caso, foi verificada a partir de dois principais elementos: os trabalhos escritos produzidos pelos alunos, nos quais apresentaram soluções fundamentadas para o problema proposto, e a análise qualitativa dos diálogos conduzidos em sala de aula.

Além da análise dos pontos trazidos no diário de bordo, a produção textual dos estudantes, proposta pela sequência didática, funcionou como um indicador concreto do aprendizado adquirido, evidenciando a capacidade de articular argumentos, estruturar raciocínios coerentes e aplicar os conhecimentos discutidos na atividade sugerida. Paralelamente a isso, a observação e interpretação das interações em sala de aula permitiram identificar a profundidade do engajamento dos alunos, suas estratégias de resolução de problemas e a maneira como construíram coletivamente o conhecimento. Dessa forma, a combinação dessas metodologias garantiu uma avaliação holística e fidedigna do impacto da abordagem pedagógica adotada.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi estruturada com base em três critérios principais: a frequência dos estudantes ao longo dos encontros promovidos durante a sequência didática, a avaliação contínua e abrangente dos diálogos estabelecidos com os

sujeitos da pesquisa ao longo das aulas e, por fim, a avaliação da produção textual, que apresentou as propostas para a resolução do estudo de caso.

A assiduidade dos alunos foi monitorada de forma rigorosa em todos os encontros, não apenas como um critério para seleção dos participantes da análise de dados, mas também, como um indicador do impacto da metodologia adotada. Para isso, buscou-se compreender em que medida a utilização de um elemento midiático popular, como um filme de super-herói, foi capaz de estimular o interesse dos estudantes, promovendo um maior engajamento e refletindo positivamente na forma de participação deles durante a atividade. Esse monitoramento permitiu avaliar se a abordagem didática contribuiu para um maior engajamento dos alunos nas atividades e para a construção progressiva do conhecimento.

Os momentos de discussão em sala de aula foram essenciais para medir o nível de compreensão dos alunos sobre eletroquímica e sua aplicabilidade tanto em contextos reais quanto em situações fictícias. No entanto, a construção do conhecimento ocorreu de maneira gradativa, sendo impulsionada pelos temas abordados ao longo dos encontros. O avanço na complexidade dos diálogos estabelecidos em sala de aula foi um aspecto central da avaliação, pois refletiu no aprofundamento da aprendizagem e na capacidade dos estudantes de relacionar os conceitos teóricos com a prática. Esse processo foi especialmente evidenciado durante a socialização das propostas de resolução para o estudo de caso, quando os alunos tiveram a oportunidade de demonstrar a assimilação do conteúdo e sua habilidade em argumentar, defendendo suas hipóteses.

Além disso, a análise da produção textual dos estudantes desempenhou um papel fundamental na avaliação do aprendizado adquirido. A etapa de resolução do estudo de caso proporcionou uma visão detalhada sobre a coerência e organização das ideias, bem como, sobre a capacidade dos alunos de estruturar raciocínios lógicos e bem fundamentados. Logo, foi possível verificar que os conceitos de eletroquímica foram corretamente empregados e que houve criatividade na formulação das hipóteses investigativas. Dessa forma, a produção escrita funcionou como um instrumento valioso para mensurar não apenas o domínio conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e da argumentação científica.

Portanto, a combinação desses três critérios de análise, frequência, participação nos diálogos e produção textual, permitiu uma avaliação abrangente da eficácia da sequência didática. Com essa abordagem, buscou-se compreender como a estratégia utilizada contribuiu para o aprendizado dos alunos, identificando possíveis desafios e sugerindo melhorias para futuras aplicações dessa metodologia no ensino da eletroquímica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico, serão apresentados a caracterização do contexto escolar onde foi realizada a pesquisa, a descrição do perfil dos estudantes participantes e a análise dos resultados obtidos a partir da aplicação da sequência didática abordando os tópicos em eletroquímica passíveis de ser mobilizados em compreensões de narrativas relacionadas ao personagem Homem de Ferro. A caracterização institucional foi construída com base nas informações contidas no Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola, já o perfil dos discentes foi delineado, de acordo com os critérios especificados na metodologia do presente trabalho, a partir das respostas fornecidas nos questionários diagnósticos, bem como por meio das observações realizadas e dos registros escritos ao longo das atividades desenvolvidas durante a sequência didática.

5.1 FREQUÊNCIA DOS ESTUDANTES AO DECORRER DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os dados referentes à sequência didática foram coletados durante o mês de junho, período em que, culturalmente, ocorrem as festividades juninas. Em decorrência dessas celebrações, observou-se uma ausência significativa de estudantes, especialmente no primeiro encontro das atividades propostas. Além disso, a discrepância entre o calendário acadêmico da Universidade Federal de Pernambuco e o calendário letivo da rede estadual de ensino de Pernambuco comprometeu de forma considerável a regularidade da aplicação da sequência e, conseqüentemente, a obtenção de dados mais consistentes para esta pesquisa. A Tabela II, apresentada a seguir, ilustra o registro da frequência dos estudantes da turma selecionada durante os encontros realizados.

Acompanhamento da frequência e participação dos estudantes – Tabela I			
Atividade	Quantidade de discentes que realizou/ esteve presente na atividade	Quantidade de discentes que não realizou/ esteve ausente na atividade	Percentual

Questionário pré-sequência didática	24	10	71%
Frequência Encontro 01	11	23	32%
Frequência Encontro 02	25	9	74%
Frequência Encontro 03	22	12	65%
Entrega da resolução do estudo de caso realizado no Encontro 03	22	12	65%

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Diante dos dados obtidos e da observação do desenvolvimento das atividades, foi possível identificar uma diferença significativa no desempenho dos estudantes, no que se refere à capacidade de articular os conteúdos trabalhados durante a sequência didática. Os discentes que não participaram integralmente dos encontros apresentaram maior dificuldade na construção de relações entre os conceitos fundamentais da eletroquímica, como reações de oxirredução, funcionamento de pilhas e transferência de elétrons. Essa limitação pode estar diretamente relacionada à descontinuidade no processo de aprendizagem, uma vez que a ausência em etapas-chave comprometeu o encadeamento lógico dos conteúdos e impediu que ocorressem os processos cognitivos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, indicativos de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

Entre os estudantes com baixa frequência, destaca-se o caso do estudante C, que participou apenas do primeiro e do último encontros. Na resolução final do estudo de caso, esse estudante dialogou que: “O reator funcionava por energia, fazia energia, então pode ter dado curto ou queimado.” A fala expressa uma compreensão vaga, com ausência de vocabulário técnico e sem menção direta a conceitos como oxidação, redução ou eletrodos. Não há, nesse caso, indícios de que tenha ocorrido diferenciação progressiva, uma vez que o aluno não demonstrou refinar sua compreensão dos termos químicos abordados diferenciando seu significado. Também não há reconciliação entre conceitos, pois a fala permanece no campo da suposição

cotidiana, sem articulação com os conteúdos mais abrangentes relacionáveis. Essa limitação pode ser atribuída, em grande parte, à ausência nos momentos chave da sequência didática, nos quais foram abordados o funcionamento das pilhas, os processos de reações químicas de oxi-redução e os fundamentos da equação de Nernst.

Por outro lado, os participantes da pesquisa que participaram de todos os encontros apresentaram fortes evidências de uma aprendizagem significativa. No caso do estudante D, por exemplo, observa-se um avanço consistente entre o primeiro registro escrito, no qual dizia: “Oxidação é quando queima alguma coisa”, e a produção final, na qual afirmou: “A oxidação ocorreu no eletrodo onde o material perdeu elétrons, e isso gerou uma corrente elétrica que foi usada para manter o reator ligado.” Essa fala indica a ocorrência de diferenciação progressiva, pois o conceito foi ampliado e reformulado, abandonando o sentido cotidiano e impreciso de “queimar” e assumindo uma definição química mais precisa, caracterizando a causa do fenômeno pela perda de elétrons. Também se observa reconciliação integradora ao relacionar os conceitos de oxidação, corrente elétrica e funcionamento do reator (pilha), evidenciando a construção de uma rede de significados interligados.

Já o estudante F, ao descrever a cena em que Tony Stark conecta o novo reator ARC (cena 00h:47min:30s do filme Homem de Ferro I, da Marvel), afirmou: “Essa parte mostra os eletrodos funcionando porque a energia é gerada a partir da reação entre os metais diferentes e o que conduz energia elétrica. É tipo a pilha de Daniell, que a gente viu.” Essa fala é indício de um processo de reconciliação integradora, pois o estudante associa diretamente um conceito científico da pilha eletroquímica a uma representação visual do filme, que apresenta os eletrodos metálicos gerando corrente elétrica, ambas interferências estão subordinadas ao conceito de pilha. A precisão na identificação dos componentes e o uso apropriado da analogia indicam, além disso, uma diferenciação progressiva na conceituação de pilha dentro do que se foi trabalhado em sala de aula.

Esses resultados apontam que a aprendizagem significativa não pode ser reduzida à simples reprodução correta de termos técnicos, mas deve ser compreendida como um processo em que o estudante reorganiza sua estrutura cognitiva a partir da vivência com materiais potencialmente significativos, como os utilizados nesta sequência didática. Os alunos que participaram integralmente dos

encontros conseguiram, ao longo das atividades, elaborar respostas com maior clareza, coerência e conexão entre conceitos, demonstrando internalização e reorganização conceitual, conforme previsto na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003).

Além disso, destaca-se que o uso de estratégias didáticas contextualizadas, como a mediação por meio de narrativas e recursos visuais, contribuiu positivamente para o envolvimento dos estudantes, especialmente daqueles que acompanharam todo o percurso formativo. Tais achados reiteram a relevância de propostas pedagógicas estruturadas de forma sequencial e significativa, que favoreçam a construção progressiva do conhecimento científico.

5.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Dentre os trinta e quatro estudantes matriculados na turma do terceiro ano “B” em que foi aplicada a sequência didática, seis foram selecionados com base em sua participação ativa ao longo de todas as etapas da atividade. Esses alunos constituem os sujeitos principais de análise neste estudo. Para fins de preservação da identidade e organização da discussão, serão identificados como: Estudante A, Estudante B, Estudante C, Estudante D, Estudante E e Estudante F.

Os seis participantes da pesquisa selecionados para esta investigação, identificados como Estudantes A, B, C, D, E e F, foram escolhidos com base em sua participação integral em todas as etapas da sequência didática, incluindo os três encontros em sala de aula, a resolução do estudo de caso e a produção textual final. A seleção teve como objetivo garantir a análise de indivíduos que vivenciaram plenamente a proposta pedagógica e, portanto, pudessem fornecer indícios mais claros sobre os impactos da metodologia adotada na construção do conhecimento em eletroquímica.

O Estudante A apresentou, desde o início, uma postura pouco participativa durante as aulas, demonstrando dificuldades conceituais, especialmente na compreensão de termos como oxidação, redução e no funcionamento das pilhas. Essa falta de domínio teórico foi potencializada por sua postura dispersa, o que comprometeu significativamente seu aproveitamento. Mesmo com a inserção de recursos midiáticos como o personagem Homem de Ferro, sua participação só aumentou de forma pontual, sem se manter constante ao longo dos demais

momentos. Relatos do professor regente da turma confirmam que tal comportamento era recorrente em sua trajetória escolar.

O Estudante B, por sua vez, demonstrou maior engajamento desde os primeiros encontros. Participou ativamente das discussões em sala, fez anotações e contribuiu com perguntas pertinentes no momento da exposição dos conteúdos. Durante a resolução do estudo de caso, evidenciou boa capacidade de articulação entre os conceitos teóricos abordados e os elementos narrativos do filme. Sua produção escrita foi clara, estruturada e demonstrou domínio dos fundamentos da eletroquímica, embora ainda tenha cometido erros matemáticos na aplicação da equação de Nernst.

Já o Estudante C apresentou perfil semelhante ao de A no que diz respeito à dificuldade conceitual e à postura desatenta nos momentos iniciais da sequência. Sua participação em sala era limitada, e a dispersão durante as aulas foi identificada como um fator agravante para sua baixa assimilação dos conteúdos. No entanto, foi possível notar uma leve melhora em seu envolvimento a partir da introdução das cenas do filme, o que despertou sua curiosidade e resultou em um engajamento mais perceptível, especialmente durante o estudo de caso. Apesar disso, sua evolução foi restrita e ainda marcada por lacunas conceituais importantes.

O Estudante D destacou-se por sua postura investigativa e curiosa. Demonstrou desde o início disposição para aprender e participou ativamente das atividades propostas. No momento da resolução do estudo de caso, colaborou com argumentos bem fundamentados e contribuiu tanto conceitual quanto estrategicamente com o seu grupo de estudo. Foi um dos estudantes que melhor compreendeu a estrutura da pilha de Daniell e conseguiu aplicar, com razoável precisão, os conceitos trabalhados. Sua produção escrita foi coerente, com vocabulário técnico adequado e estrutura lógica bem definida.

O Estudante E também apresentou desempenho positivo ao longo da sequência. Demonstrou interesse genuíno pela abordagem adotada e fez conexões entre os conceitos trabalhados e o universo ficcional apresentado no filme. Suas intervenções em sala foram frequentes e pertinentes, com atuação no grupo durante o estudo de caso, ele contribuiu significativamente para a elaboração das hipóteses investigativas. Apesar de certa insegurança inicial em relação aos cálculos, foi capaz

de compreender os fundamentos da equação de Nernst e se engajou ativamente na tentativa de aplicá-los, mesmo cometendo erros matemáticos no processo.

Por fim, o Estudante F mostrou um perfil equilibrado, com participação consistente ao longo de todos os encontros. Ainda que não tenha se destacado com brilhantismo, demonstrou boa compreensão dos temas trabalhados e capacidade de associar o conteúdo científico ao contexto narrativo do filme. Sua produção escrita foi clara e organizada, com uso apropriado dos conceitos de eletroquímica, revelando uma assimilação progressiva e sólida dos tópicos abordados. Um exemplo claro dessa associação ocorreu durante a discussão sobre a cena situada por volta dos 00:47:30 do filme *Homem de Ferro* (2008), em que Tony Stark é mostrado ajustando o reator ARC, logo após sua fuga da caverna. Nessa cena, é possível ver claramente duas placas metálicas conectadas por fios condutores e mergulhadas em uma solução eletrolítica, o que remete à lógica de funcionamento de uma pilha eletroquímica. Ao observar esse trecho, o Estudante F comentou:

“Eu acho que esse reator funciona como uma pilha, porque ele gera energia a partir da reação que acontece entre os metais. O *Homem de Ferro* usa metais diferentes que parecem conduzir corrente dentro do reator, igual a uma pilha de Daniell. Tem também a parte onde ele diz que vai melhorar o rendimento me lembra o cálculo da voltagem, como na equação de Nernst.”

Essa fala evidencia não apenas o reconhecimento dos componentes fundamentais de um sistema eletroquímico, como também a tentativa de correlacionar a variação da voltagem com fatores como concentração e material dos eletrodos, aspectos abordados nos encontros anteriores. A interpretação do estudante demonstra que o filme, ao apresentar visualmente elementos análogos a uma pilha, operou como subsunçor para a construção de um entendimento mais concreto e integrado dos conceitos trabalhados.

De modo geral, os participantes da pesquisa analisados permitiram observar diferentes níveis de assimilação conceitual, diretamente influenciados por suas posturas em sala de aula e pelo grau de interesse despertado pela metodologia de ensino adotada. A presença contínua nas atividades e a abertura ao diálogo pedagógico se mostraram fatores decisivos para o sucesso da proposta, evidenciando

que, mesmo em contextos desafiadores, abordagens inovadoras e contextualizadas podem favorecer a construção de saberes científicos mais significativos.

5.3 QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Conforme descrito na metodologia, uma das alternativas para facilitar a análise da evolução dos estudantes após a sequência didática foi a aplicação de um questionário com o objetivo principal de mapear os conhecimentos prévios dos alunos. Para tanto, foram elaboradas cinco questões abertas, conforme ilustrado no Apêndice A. A análise dos dados obtidos permitiu observar tendências gerais nas respostas dos estudantes, no entanto, foi dada ênfase especial às respostas dos seis sujeitos de pesquisa selecionados, em virtude de sua participação integral em todas as etapas da sequência didática.

A análise das respostas ao questionário diagnóstico aplicado previamente à sequência didática revelou, de maneira geral, dificuldades significativas por parte dos estudantes em articular conceitos fundamentais da eletroquímica. As cinco questões abertas, que falavam sobre pilhas, baterias, reações de oxirredução e o funcionamento da pilha de Daniell, evidenciaram uma baixa mobilização de vocabulário científico e a predominância de explicações empíricas, vagas ou desconectadas dos conceitos químicos esperados.

Na primeira questão, que solicitava a diferenciação entre pilhas e baterias, além de exemplos de uso no cotidiano, observou-se que a maioria dos estudantes recorreu a descrições genéricas. Respostas como: “pilhas e baterias são parecidas, servem pra dar energia em controle remoto e celular” ou “bateria é de celular, pilha é o que vai em controles remotos ou brinquedos” demonstraram ausência de distinção conceitual entre os dispositivos, o que reflete uma compreensão limitada do tema.

A segunda questão, que tratava dos significados de “oxidação” e “redução” e sua relação com a eletroquímica, apresentou um número elevado de respostas incompletas, imprecisas e incorretas. Foram frequentes respostas como: “oxidação é quando algo enferruja”; “redução é diminuir alguma coisa. Não sei se tem a ver com pilha”; ou mesmo declarações diretas de desconhecimento, como “não sei o que é”. Tais respostas indicam uma compreensão restrita e descontextualizada dos

processos relacionados às reações de oxidação e redução dentro de uma pilha, além da ausência de articulações com os princípios da eletroquímica.

Na terceira e na quarta questões, que abordavam a quantidade de energia gerada pelas pilhas e a finitude dessa energia, as respostas continuaram a demonstrar caráter empírico e pouco fundamentado. Muitos estudantes afirmaram, por exemplo, que “todas as pilhas são iguais”, que “depende da marca da pilha”, ou ainda que “a energia acaba quando a pilha não funciona mais”. Embora algumas dessas afirmações sejam parcialmente verdadeiras do ponto de vista prático, elas não são acompanhadas de justificativas baseadas nos princípios da eletroquímica, como potencial padrão de eletrodos ou concentração dos reagentes, o que reforça a superficialidade das compreensões apresentadas.

A quinta questão, que exigia a descrição do funcionamento da pilha de Daniell com a identificação dos processos que ocorrem no ânodo e no cátodo, revelou o maior índice de respostas em branco ou completamente equivocadas. Entre as respostas registradas, destacam-se: “não me lembro”; “é uma pilha antiga, mas não sei como funciona”; ou ainda “acho que uma reação acontece nos dois lados, como no desenho, mas não sei qual é qual”. A ausência de vocabulário técnico e de qualquer menção aos conceitos de transferência de elétrons, eletrodos ou reação espontânea evidencia a inexistência de conexões significativas entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conteúdos científicos em questão.

Esses achados serviram de ponto de partida para a implementação da sequência didática baseada na aprendizagem tangencial e na significativa com o intuito de despertar o interesse dos estudantes a partir de um universo familiar, o cinema, e, assim, fomentar a construção de novos saberes a partir das experiências já internalizadas por eles. A comparação entre essas respostas iniciais e os resultados obtidos após a intervenção educativa permitiu avaliar, com maior precisão, os avanços individuais e coletivos dos alunos no que diz respeito à compreensão dos conceitos de eletroquímica e à sua capacidade de aplicá-los em diferentes contextos.

5.4 PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES DURANTE OS MOMENTOS EM SALA DE AULA

Ao longo dos momentos desenvolvidos em sala de aula, observou-se um nível reduzido de participação por parte dos estudantes. A turma, de modo geral, apresentou um comportamento apático frente às explicações iniciais, demonstrando pouco envolvimento e engajamento nas atividades propostas, com exceção de alguns poucos estudantes que, pontualmente, se mostraram mais receptivos. Essa postura teve impacto direto nos resultados obtidos ao final da sequência didática, uma vez que a aprendizagem significativa requer, entre outros fatores, a disposição ativa do estudante para estabelecer conexões entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios.

Dentre os seis sujeitos de pesquisa selecionados para análise mais aprofundada, os participantes A e C destacaram-se negativamente pela dificuldade em formular definições conceituais básicas, como aquelas relativas aos processos de oxidação e redução, bem como aos componentes fundamentais de uma pilha eletroquímica. Mesmo diante de tais obstáculos, ambos se mostraram pouco comprometidos com o processo de ensino-aprendizagem, mantendo uma postura de dispersão e desatenção no início da abordagem, comportamento que, segundo relatos do professor regente da turma, já era recorrente nas aulas regulares de Química. Considerando que a eletroquímica é uma área que exige a mobilização de conhecimentos prévios, tais como estrutura atômica, ligações químicas, número de oxidação (nox) e reações químicas de oxi-redução, para sua plena compreensão, conforme discutido por Barreto (2017), a ausência de foco por parte dos alunos constitui um fator limitador importante no processo de assimilação dos conteúdos.

No entanto, a partir do momento em que os conceitos eletroquímicos passaram a ser articulados com a narrativa cinematográfica do personagem Homem de Ferro, foi possível perceber uma mudança significativa na postura de alguns estudantes, inclusive dos participantes A e C. A contextualização por meio da cultura cinematográfica, associada ao uso de cenas selecionadas do personagem, despertou a curiosidade e ampliou o interesse dos alunos. Esse novo cenário favoreceu a construção de um ambiente mais interativo, no qual os estudantes passaram a participar mais ativamente das discussões propostas. Ainda que as dificuldades

conceituais não tenham sido completamente superadas, houve uma ampliação do envolvimento e um maior esforço por parte desses sujeitos em tentar compreender os conteúdos abordados. Tal mudança evidencia o potencial da aprendizagem tangencial como estratégia para recuperar o interesse de alunos desmotivados e estabelecer vínculos mais sólidos entre o saber escolar e os referenciais culturais já internalizados pelos estudantes.

5.5 RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Durante a divisão dos estudantes para a resolução do estudo de caso proposto na etapa final da sequência didática, optou-se por permitir que os próprios alunos formassem seus grupos de trabalho. Como resultado, foram constituídos quatro grupos distintos, dos quais os sujeitos de pesquisa selecionados ficaram distribuídos em três deles. O grupo restante foi composto exclusivamente por estudantes que não participaram integralmente dos encontros anteriores da sequência. Para fins de organização e identificação, os grupos foram codificados da seguinte forma: A1, B2, C3 e D4. Os grupos A1, B2 e C3 contaram, cada um, com dois participantes da pesquisa, ou seja, estudantes que participaram de forma assídua de todas as atividades, e outros três integrantes que apresentaram faltas em pelo menos um dos encontros. Já o grupo D4 foi formado por seis estudantes que não estiveram presentes em todos os momentos da sequência didática, o que se refletiu diretamente na qualidade do desempenho apresentado.

A análise integrada entre os fundamentos teóricos que embasam esta pesquisa e os dados obtidos ao longo da aplicação da sequência didática permite visualizar com maior clareza o alcance e as limitações da proposta. A aproximação entre o ensino de eletroquímica e a cultura midiática do cinema, em especial a utilização de elementos narrativos do personagem Homem de Ferro, contribuiu de maneira significativa para a mobilização de saberes prévios, o despertar de interesse e a construção conceitual de tópicos tradicionalmente tidos como complexos.

Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2012), os resultados obtidos revelam que o uso de subsunçores eficazes, neste caso, o imaginário do filme, os sistemas presentes no reator ARC, e o próprio interesse dos estudantes pelo universo da Marvel, contribuiu para que os alunos estabelecessem

conexões não arbitrárias entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios. Esse processo foi visivelmente facilitado pelos elementos da aprendizagem tangencial (Wexell; Machado, 2017), que proporcionaram uma oportunidade de proporcionar uma situação lúdica, motivacional e culturalmente próxima do contexto explorado pelos estudantes.

O reconhecimento do personagem Homem de Ferro e do contexto relacionado a sua tecnologia fictícia era previamente conhecida pelos alunos e conseqüentemente foi mobilizado como um potencial subsunçor. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é relacionado de maneira substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz. Isso pressupõe a existência de ideias que sirvam como suporte para a assimilação de novos significados. No caso analisado, o reator ARC e os conflitos vividos pelo personagem dentro do cenário montado no estudo de caso serviram de ponto de partida para discussões conceituais sobre transferência de elétrons, potencial padrão de eletrodos, processos de oxidação e redução, e outros tópicos centrais da eletroquímica.

O uso do filme do Homem de Ferro (2008) e das cenas com esse personagem dentro do universo Marvel como ferramentas tangenciais permitiu despertar a curiosidade, abrindo espaço para que os alunos buscassem a compreensão dos fenômenos ali presentes. Esse processo está alinhado à perspectiva de Wexell e Machado (2017), que apontam que a aprendizagem tangencial ocorre quando o indivíduo se vê motivado a aprofundar-se em determinado tema após um primeiro contato prazeroso e instigante.

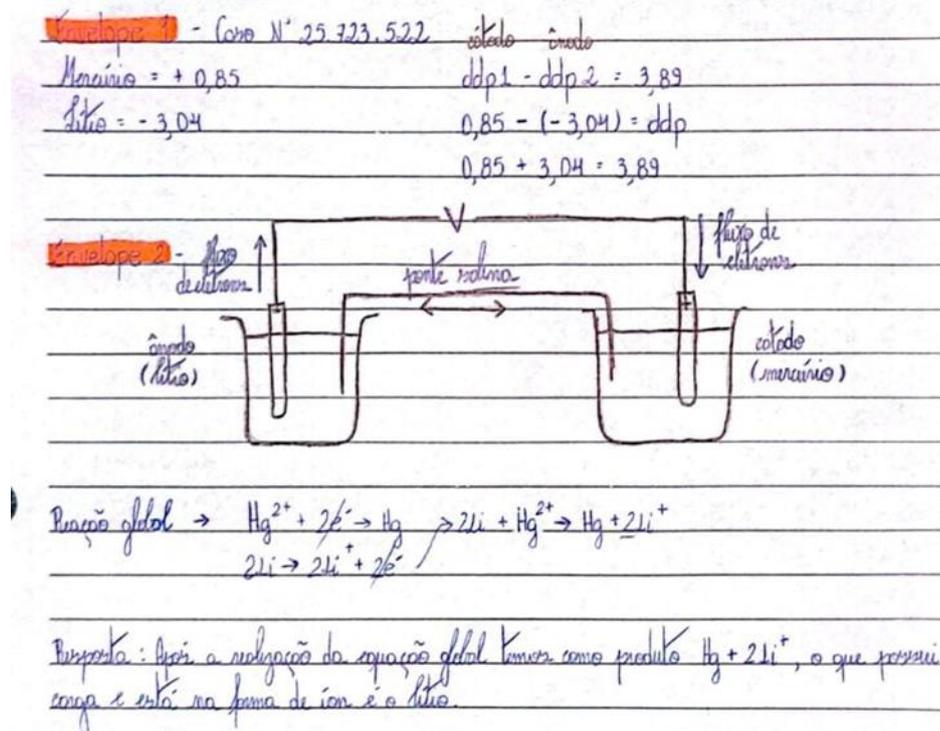
5.5.1 Desafio do Potencial Padrão e Pilha de Daniell

De maneira geral, observou-se que todos os grupos foram capazes de esquematizar corretamente uma reação eletroquímica com base nos parâmetros da pilha de Daniell, identificando os processos de oxidação e redução, bem como os polos correspondentes, ânodo e cátodo, e as respectivas espécies químicas envolvidas. Um exemplo claro dessa competência pode ser visualizado na produção escrita do grupo representado na imagem analisada, que apresenta um diagrama detalhado da pilha construída a partir dos metais mercúrio (Hg) e lítio (Li). Nesse esquema, é possível observar a correta indicação do ânodo (Lítio) como o eletrodo

onde ocorre a oxidação, e do cátodo (Mercúrio) como o local da redução, com representação gráfica coerente do fluxo de elétrons, da ponte salina e das reações envolvidas.

A expressão matemática do potencial padrão da pilha, também apresentada de forma precisa, indica que os estudantes compreenderam a lógica de subtração entre os potenciais padrão de eletrodo. Assim como ilustrado na figura 1, que representa a esquematização produzida por um dos grupos de estudantes ao decorrer da resolução do estudo de caso.

Figura 1 – Esquematização de sistema eletroquímico desenvolvido pelos participantes da pesquisa.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

O cálculo do potencial padrão da pilha demonstra domínio conceitual de sua respectiva definição, com correta atribuição dos valores e interpretação do sinal negativo na equação, movimento que também foi observado nos demais grupos. Trata-se de um indício de diferenciação progressiva no sentido abordado por Ausubel (2008), na medida em que os estudantes ampliam e refinam sua compreensão sobre o funcionamento da pilha a partir da relação entre os potenciais padrão e os processos de redox.

Além disso, a reação global foi escrita de forma articulada, envolvendo os íons Hg^{2+} , o elemento Hg e o íon I^- , o que demonstra familiaridade com o balanceamento e a representação simbólica das reações eletroquímicas. A representação da pilha dentro do modelo de Daniell e o uso apropriado de símbolos e estruturas, como a seta indicando o fluxo de elétrons no circuito externo e o movimento iônico na ponte salina, reforçam a apropriação de um modelo conceitual funcional da pilha eletroquímica. Esse tipo de representação é essencial para consolidar a compreensão sobre o papel dos eletrodos, o sentido das reações e a produção de corrente elétrica, permitindo que os estudantes avancem de uma visão empírica e fragmentada para uma compreensão integrada e baseada em princípios científicos.

Tais evidências reforçam a ideia de que a sequência didática contribuiu para promover uma aprendizagem significativa, ao possibilitar que os estudantes se apropriassem de novos conceitos com clareza e coerência, incorporando-os à sua estrutura cognitiva de maneira estável e relacional.

5.5.2 Desafio do uso da Equação de Nernst

A interpretação da Equação de Nernst também foi, em linhas gerais, satisfatória no que diz respeito à sua finalidade e à aplicação conceitual, indicando que os estudantes conseguiram reconhecer seu papel na variação do potencial de eletrodo a partir da concentração dos íons. No entanto, uma dificuldade comum observada em todos os grupos foi a realização dos cálculos matemáticos relacionados à Equação de Nernst. Apesar de compreenderem o raciocínio teórico e a função de cada variável, os estudantes apresentaram erros recorrentes no desenvolvimento algébrico das expressões, o que comprometeu a obtenção de resultados numéricos precisos. Essa lacuna evidencia a necessidade de um reforço maior na articulação entre os conhecimentos de Química e Matemática, uma vez que a resolução adequada de problemas que envolvem fórmulas quantitativas demanda não apenas o domínio conceitual, mas também a segurança no uso das ferramentas matemáticas.

Tais problemáticas podem ser identificadas na figura 2, que ilustra o cálculo desenvolvido perante a aplicação da Equação de Nernst.

Figura 2 – Aplicação da Equação de Nernst desenvolvida pelos participantes da pesquisa.

$$3,80 = 3,89 - \frac{0,059}{2} \cdot \log [Li^+] = [Li] = 3,38$$

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Essa limitação, por sua vez, traz à tona uma questão central para o ensino de Ciências: a necessidade de maior integração interdisciplinar. A aprendizagem significativa proposta por Ausubel (2003) pressupõe a existência de subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, conceitos prévios que possibilitem a ancoragem de novos conhecimentos. No entanto, se o estudante apresenta fragilidades em Matemática, esses subsunçores se mostram frágeis, dificultando a internalização plena dos conteúdos de Eletroquímica. Assim, observa-se que, mesmo quando os conceitos químicos foram compreendidos, a ausência de segurança na manipulação algébrica impediu que a todas as etapas da resolução do estudo de caso fossem realizadas eficientemente.

Além disso, as dificuldades relatadas sugerem que o ensino de Eletroquímica pode se beneficiar de metodologias que articulem explicitamente a Matemática à Química. A resolução de equações diferenciais, logaritmos e transformações algébricas, por exemplo, muitas vezes é tratada como um obstáculo meramente técnico, mas neste caso revelou-se um fator determinante para a compreensão integral da Equação de Nernst.

Outro ponto a ser considerado é que a estratégia didática adotada por esse trabalho, a associação dos conteúdos teóricos a elementos midiáticos familiares, como o personagem *Homem de Ferro*, mostrou-se eficaz não apenas para favorecer o interesse e a motivação, mas também para atenuar as dificuldades enfrentadas. Ainda que os cálculos não tenham sido plenamente dominados, a narrativa vinculada ao universo do cinema ajudou os alunos a compreender a importância prática da Equação de Nernst e a enxergá-la como parte de um contexto mais amplo, e não como um exercício matemático descolado da realidade. Isso corrobora a hipótese de que a contextualização e a aproximação com a cultura juvenil são fatores capazes de

sustentar a aprendizagem significativa, mesmo em situações em que os aspectos técnicos ainda não estão completamente assimilados (Moreira, 2012).

Por fim, cabe destacar que as dificuldades matemáticas não devem ser vistas apenas como limitações, mas também como indicadores diagnósticos que podem orientar futuras intervenções pedagógicas. Ao identificar padrões de erro recorrentes, pode-se planejar atividades que integrem o raciocínio algébrico às situações químicas, promovendo um processo de ensino mais dialógico e interdisciplinar. Dessa forma, a sequência didática aplicada não apenas cumpriu seu papel na introdução de conceitos fundamentais da Eletroquímica, mas também revelou potenciais caminhos de aprimoramento curricular e metodológico para o ensino da disciplina.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou analisar as contribuições de uma abordagem didática centrada na aprendizagem tangencial e significativa para o ensino de eletroquímica no Ensino Médio, utilizando como estratégia pedagógica cenas do personagem Homem de Ferro. Através da aplicação de uma sequência didática composta por três encontros e um estudo de caso final, foi possível observar os efeitos da inserção de elementos da cultura cinematográfica no engajamento e na compreensão conceitual dos estudantes.

Os resultados obtidos indicam que a integração entre narrativas cinematográficas e conteúdos científicos pode representar uma alternativa pedagógica eficaz, especialmente diante das dificuldades tradicionalmente associadas ao ensino de eletroquímica. Os estudantes que participaram ativamente de todas as etapas da sequência apresentaram maior capacidade de articular os conceitos abordados em sala de aula com os elementos ficcionais, revelando avanços na apropriação de conteúdos como oxirredução, funcionamento de pilhas e esquematizações formais de uma pilha seguindo o modelo da pilha de Daniell.

Além disso, a análise dos dados revelou que o uso de metodologias que despertam o interesse dos alunos, como o estudo de caso e o uso de filmes, favorece não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual. Embora tenham sido identificadas dificuldades pontuais, especialmente nos aspectos quantitativos relacionados à equação de Nernst, os estudantes demonstraram compreensão satisfatória da estrutura teórica e das aplicações práticas do conteúdo estudado.

Conclui-se, portanto, que o uso do cinema aliado à aprendizagem tangencial pode contribuir significativamente para tornar o ensino de Química mais atrativo, contextualizado e significativo, promovendo uma maior aproximação entre o saber científico e a realidade dos estudantes. Tal estratégia se mostra promissora especialmente em contextos educacionais marcados por desmotivação e baixa articulação conceitual, como os verificados nesta pesquisa. Espera-se que este estudo possa servir de inspiração para a construção de propostas pedagógicas mais criativas, integradoras e centradas no protagonismo discente.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- ATKINS, P., JONES, L. **Princípios de Química. Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Editora Bookman, 2006, 3ª edição.
- BARRETO, Barbara SJ; BATISTA, Carlos H.; CRUZ, Maria Clara P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. v. 39, p. 1964, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação e do Desporto. Orientações Curriculares para o Ensino Médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.
- CHASSOT, Ai. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. 1996.
- DA SILVA FERREIRA, Adryele; GONÇALVES, Alécia Maria; SALGADO, Jeisa Tainara Schaefer. Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, 2021.
- DAS NEVES, Luiz Seixas; DE FARIAS, Robson Fernandes. **História da Química: um livro-texto para a graduação**. Átomo, 2008.
- DE LIMA, José Ossian Gadelha. **Um olhar sobre a história do ensino de Química no Brasil**. 2013.
- DE LIMA, José Ossian Gadelha. **Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil**. 2013.
- DE OLIVEIRA, Luiz Henrique Milagres; CARVALHO, Regina Simplício. Um olhar sobre a história da Química no Brasil. **Revista ponto de vista**, v. 3, n. 1, p. 27-37, 2006.
- DE SOUSA GIFFONI, Joel; DA SILVA BARROSO, Maria Cleide; DE GOIS SAMPAIO, Caroline. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, 2020.
- DOS SANTOS, Lucelia Rodrigues; DE MENEZES, Jorge Almeida. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.
- FELIZARDO, R. Por que filmes de super-heróis vêm fazendo tanto sucesso ultimamente? (Análise), 2022. Disponível em:

<<https://www.adorocinema.com/noticias/filmes/noticia-161946/>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

FERREIRA, J. L.; MELO, V. P. **História da química no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Editora XYZ, 2010.

HOMEM DE FERRO. Estados Unidos: Marvel Studios, 2008.

IRON MAN. Stan Lee. United States: Marvel Comics. [1963].

LEITE, Bruno Silva. Aprendizagem tangencial no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos: um estudo de caso. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

LIMA, M. R.; SILVA, P. C. Reações de oxirredução e sua importância no ensino de Química. **Química Nova**, v. 42, n. 3, p. 345-351, 2019.

MOREIRA, Marco Antonio. ¿ Al final, qué es aprendizaje significativo?. *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*. **La Laguna, Espanha**. V. 25, p. 29-56, 2012.

MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H., **Química Ensino Médio Volume 2**, Editora Scipione, 2017, 3ª edição.

NAPOLITANO, Marcos. Como usar cinema em sala de aula? São Paulo, Brasil: **EccoS Revista Científica**, 2003, P. 7 - 11, v.5, nº1. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/715/71550112.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2024.

PAIVA, M. L. et al. Uso da Pedagogia do Cinema como Método Facilitador da Aprendizagem de Química: Aprendendo Estequiometria com a Feiticeira Escarlata. VII ENALIC, nov. 2021. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/85056>>. Acesso em: 9 set. 2024.

PERNAMBUCO. Lei Complementar nº 125, de 10 de julho de 2008. Institui o Programa de Educação Integral e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 10 jul. 2008.

SÁ, Luciana Passos; FRANCISCO, Cristiane Andretta; QUEIROZ, Salete Linhares. Estudos de caso em química. **Química nova**, v. 30, p. 731-739, 2007.

SCHNETZLER, Roseli P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química nova**, v. 25, p. 14-24, 2002.

SHIRAHIGE, Elena Etsuko; HIGA, Marília Matsuko. A Contribuição da Psicanálise à Educação. In: CARRARA, K. Introdução à psicologia da educação: seis abordagens, São Paulo, SP. Editora Avercamp, 2004. Cap. 1, p. 13-46.

SHRIVER, D.F.; ATKINS, P.W. **Química Inorgânica**, Editora Bookman, 2003, 3ª edição.

SILVA, Gustavo Henrique *et al.* Super-heróis na sala de aula: dos filmes do Capitão América para o conteúdo de genética no Ensino Médio. *Conjecturas*, v. 22, n. 3, p. 733-744, 2022.

SOUZA, D. F. et al. A experimentação no ensino de processos eletroquímicos: uma abordagem prática e interativa. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 142-148, 2020.

TICIANELLI, Edson Antonio. *Eletroquímica: Princípios e Aplicações Vol. 17*. Edusp, 1998.

WEXELL MACHADO, Luis Eduardo et al. Aprendizagem Tangencial: Revisão de literatura sobre os usos contemporâneos do conceito. **Revista EducaOnline**, v. 11, n. 1, p. 16-36, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-SEQUÊNCIA DIDÁTICA

ATÉ ONDE SEI?
ELETROQUÍMICA

NOME: _____

QUESTÃO 01 - Qual é a diferença entre pilhas e baterias? Onde pode-se encontrá-las no cotidiano?

QUESTÃO 02 - O que significam os termos "oxidação" e "redução" dentro das reações químicas e qual é a relação deles com a eletroquímica?

QUESTÃO 03 - Toda pilha gera a mesma quantidade de energia? Explique.

QUESTÃO 04 - A energia gerada pelas pilhas é finita ou infinita? Justifique.

QUESTÃO 05 - Explique como funciona uma pilha de Daniell, descrevendo os processos que ocorrem no ânodo e no cátodo.

APÊNDICE B – PLANO DE AULA ENCONTRO 01

IDENTIFICAÇÃO	
Escola	Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Eurico Queiroz
Disciplina/Série	Química – 3º ano
E-mail:	eduarda.azevedoc@ufpe.br

Assunto	Encontro 01 – Eletroquímica
Data:	12/06/2025
Duração:	100 minutos

PLANO DE AULA

OBJETIVO GERAL
Construir noções básicas sobre os conceitos iniciais de eletroquímica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Ao término da aula, o aluno deverá ser capaz de definir conceitualmente o que seria a eletroquímica e compreender seus princípios básicos como os relacionados aos processos de oxidação, oxirredução, a espontaneidade das reações, o funcionamento da pilha de Daniell e a diferenciação entre pilhas e baterias.

METODOLOGIA
<p>A aula terá início com a escrita do termo "Eletroquímica" no quadro. Em seguida, será proposto aos estudantes um momento de reflexão: “O que esse nome faz vocês pensarem? O que vocês acham que vamos estudar?”. As respostas serão registradas no quadro em formato de mapa mental, permitindo a visualização coletiva das ideias prévias e favorecendo a ativação do conhecimento pré-existente. Após essa escuta inicial, será traçada uma linha dividindo a palavra em “eletro” e “química”, para que se possa trabalhar inicialmente o significado de cada parte separadamente. Por meio de uma conversa orientada, os estudantes serão guiados a compreender que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Eletro” remete à eletricidade, corrente elétrica, energia; • “Química” diz respeito às transformações da matéria, às reações químicas e aos elementos envolvidos nesse processo. <p>Em seguida, será realizada a integração dos dois termos, levando os estudantes à compreensão de que a eletroquímica estuda as transformações de energia química em elétrica (e vice-versa), por meio de reações de oxirredução. Na sequência, será apresentada uma breve contextualização histórica da eletroquímica com o auxílio de slides, destacando marcos importantes, como as contribuições de Alessandro Volta e John Daniell. Essa parte visa demonstrar a relevância desse campo da Química para o desenvolvimento científico e tecnológico, estabelecendo conexões com o cotidiano. Serão então abordados os conceitos</p>

fundamentais da eletroquímica, com exemplos visuais e esquemas no slide para facilitar a compreensão. Os principais tópicos trabalhados serão:

- Reações de oxidação e redução (oxirredução);
- Conceitos de agente oxidante e agente redutor;
- Definições de ânodo, cátodo, eletrodos e potencial padrão de eletrodo;
- Funcionamento da pilha de Daniell como modelo introdutório de célula galvânica.

Com todos esses conceitos bem estabelecidos, será realizada a diferenciação entre pilhas e baterias, explorando suas aplicações práticas no dia a dia. Para tornar esse momento mais atrativo e significativo, será utilizado o exemplo do personagem Homem de Ferro, relacionando seu reator arc com princípios básicos da eletroquímica, em uma estratégia pautada na aprendizagem significativa, que busca associar os novos conteúdos ao universo dos alunos. A aula será encerrada com uma roda de conversa para retomada e consolidação dos conteúdos. Nesse momento, os estudantes serão convidados a compartilhar o que aprenderam, levantar dúvidas e expressar suas impressões sobre o tema. Essa atividade visa promover a reflexão crítica, a escuta ativa e a construção coletiva do conhecimento.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS

Quadro branco, caneta de quadro e projetor.

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

Avaliação contínua e abrangente durante todo o desenvolvimento em aula a partir da participação dos estudantes na construção do mapa mental e nas rodas de conversa do começo e do final da aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ATKINS, P., JONES, L. Princípios de Química. Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Editora Bookman, 2006, 3ª edição.
- ²BROWN, T. et al. Química A Ciência Central. Editora Prentice Hall Brasil, 2008, 9ª edição.
- ³DE SOUSA GIFFONI, Joel; DA SILVA BARROSO, Maria Cleide; DE GOIS SAMPAIO, Caroline. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. e13963416-e13963416, 2020.
- ⁴IRON MAN. Stan Lee. United States: Marvel Comics. [1963].
- ⁵MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H., Química Ensino Médio Volume 2, Editora Scipione, 2017, 3ª edição.
- ⁶NAPOLITANO, Marcos. Como usar cinema em sala de aula? São Paulo, Brasil: EccoS Revista Científica, 2003, P. 7 - 11, v.5, nº1. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/715/71550112.pdf> >. Acesso em: 9 fev. 2024.
- ⁷PAIVA, M. L. et al. Uso da Pedagogia do Cinema como Método Facilitador da Aprendizagem de Química: Aprendendo Estequiometria com a Feiticeira Escarlate. VII ENALIC, nov. 2021. Disponível em: < <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/85056> >. Acesso em: 9 fev. 2024.

APÊNDICE C – PLANO DE AULA ENCONTRO 02

IDENTIFICAÇÃO	
Escola	Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Eurico Queiroz
Disciplina/Série	Química – 3º ano
E-mail:	eduarda.azevedoc@ufpe.br

Assunto	Encontro 02 – Eletroquímica, sociedade e meio ambiente
Data:	18/06/2025
Duração:	50 minutos

PLANO DE AULA

OBJETIVO GERAL
Compreender a importância social e os impactos ambientais da eletroquímica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Ao término da aula, o aluno deverá ser capaz de compreender a dependência que a sociedade contemporânea tem com as pilhas e as baterias, ter uma noção geral dos materiais utilizados na produção de pilhas e baterias no Brasil, as questões ambientais envolvidas com o uso inconsciente e o descarte inadequado dessas pilhas e dessas baterias, compreendendo com essas informações a necessidade do uso da logística reversa para reduzir os danos causados a natureza.

METODOLOGIA
<p>Dando continuidade aos conteúdos trabalhados na aula anterior, esta aula terá duração de 50 minutos e será iniciada com uma roda de conversa com os estudantes, com o objetivo de revisar e consolidar os principais tópicos abordados anteriormente, como os conceitos de oxirredução, funcionamento das pilhas, reações eletroquímicas e aplicações tecnológicas. Após essa retomada inicial, será apresentado um slide com questões sociais e ambientais relacionadas à atual dependência da sociedade em relação à eletroquímica, especialmente no que se refere ao uso intensivo de pilhas e baterias em dispositivos eletrônicos, veículos, eletrodomésticos e outros.</p> <p>Nesse momento, serão destacados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os principais componentes químicos presentes nas pilhas e baterias (como lítio, chumbo, níquel, cádmio e mercúrio); • O impacto ambiental do uso não controlado desses materiais, considerando a exploração de recursos naturais não renováveis para sua produção; • As consequências de um descarte inadequado, como contaminação do solo, da água e riscos à saúde humana.

A partir dessa problematização, será proposto aos estudantes um debate crítico, com o intuito de estimulá-los a refletir sobre as responsabilidades sociais e ambientais relacionadas ao consumo de tecnologias eletroquímicas. Espera-se que, por meio da mediação docente, os estudantes consigam elaborar possíveis práticas sustentáveis e estratégias de mitigação dos impactos, como o incentivo à reciclagem, o consumo consciente e a busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente. Como conclusão da aula, será introduzido o conceito de logística reversa como uma política pública voltada à responsabilização pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo a reutilização, coleta e descarte correto de pilhas e baterias. Essa abordagem será reforçada com base na legislação brasileira vigente, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ressaltando a importância da participação ativa da sociedade e da responsabilidade compartilhada entre consumidores, empresas e governo.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS

Quadro branco, caneta de quadro e projetor.

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

Avaliação contínua e abrangente durante todo o desenvolvimento em aula a partir da participação dos estudantes na construção do mapa mental e nas rodas de conversa do começo e do final da aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ATKINS, P., JONES, L. Princípios de Química. Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Editora Bookman, 2006, 3ª edição.
- ²BROWN, T. et al. Química A Ciência Central. Editora Prentice Hall Brasil, 2008, 9ª edição.
- ³DE SOUSA GIFFONI, Joel; DA SILVA BARROSO, Maria Cleide; DE GOIS SAMPAIO, Caroline. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. e13963416-e13963416, 2020.
- ⁴IRON MAN. Stan Lee. United States: Marvel Comics. [1963].
- ⁵MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H., Química Ensino Médio Volume 2, Editora Scipione, 2017, 3ª edição.
- ⁶NAPOLITANO, Marcos. Como usar cinema em sala de aula? São Paulo, Brasil: EccoS Revista Científica, 2003, P. 7 - 11, v.5, nº1. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/715/71550112.pdf> >. Acesso em: 9 fev. 2024.
- ⁷PAIVA, M. L. et al. Uso da Pedagogia do Cinema como Método Facilitador da Aprendizagem de Química: Aprendendo Estequiometria com a Feiticeira Escarlata. VII ENALIC, nov. 2021. Disponível em: < <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/85056> >. Acesso em: 9 fev. 2024.

APÊNDICE D – PLANO DE AULA ENCONTRO 03

IDENTIFICAÇÃO	
Escola	Escola de Referência em Ensino Fundamental e Médio Eurico Queiroz
Disciplina/Série	Química – 3º ano
E-mail:	eduarda.azevedoc@ufpe.br

Assunto	Encontro 03 – Eletroquímica
Data:	26/06/2025
Duração:	100 minutos

PLANO DE AULA

OBJETIVO GERAL
Contextualizar os conceitos relacionados à eletroquímica a partir da resolução de um estudo de caso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Ao término da aula, o aluno deverá ser capaz de definir conceitualmente o que seria a eletroquímica e compreender seus princípios básicos como os relacionados aos processos de oxidação, oxirredução, a espontaneidade das reações, o funcionamento da pilha de Daniell e a diferenciação entre pilhas e baterias através da interpretação do estudo de caso proposto.

METODOLOGIA
<p>A aula será desenvolvida por meio da estratégia de estudo de caso interrompido, com o objetivo de promover a aprendizagem ativa e contextualizada dos conceitos de eletroquímica. A partir da construção de um enredo fictício envolvendo a morte do personagem Homem de Ferro, os estudantes serão desafiados a aplicar os conhecimentos prévios adquiridos nas aulas anteriores para investigar uma possível falha em seu reator, relacionando os elementos da narrativa a princípios eletroquímicos como reações de oxirredução, funcionamento de pilhas, eletrodos e potenciais de eletrodo. Inicialmente, a turma será organizada em quatro grupos, com distribuição equitativa do número de estudantes. Cada grupo receberá um documento inicial contendo a introdução do caso e quatro envelopes com instruções e informações adicionais, que serão entregues de forma sequencial ao longo da atividade, seguindo a lógica do estudo de caso interrompido. Essa estrutura busca incentivar a investigação progressiva, a colaboração entre os membros do grupo e o desenvolvimento do pensamento crítico.</p> <p>Durante a análise do caso, os grupos deverão discutir as pistas, interpretar os dados fornecidos e tomar decisões fundamentadas com base no conteúdo científico, elaborando uma resolução escrita ao final da atividade. Essa produção deve conter uma explicação coerente e articulada dos fatores que levaram ao suposto colapso do sistema energético do personagem, considerando os conceitos de eletroquímica trabalhados anteriormente. Por fim, será realizado um momento de socialização das soluções, em que cada grupo apresentará suas conclusões ao restante da turma. Essa etapa permitirá a comparação entre diferentes</p>

raciocínios, o esclarecimento coletivo de dúvidas e a consolidação dos aprendizados de forma crítica e significativa.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS

Quadro branco e caneta de quadro.

PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO

Avaliação contínua e abrangente durante todo o desenvolvimento do caso criminal proposto como metodologia de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ATKINS, P., JONES, L. Princípios de Química. Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Editora Bookman, 2006, 3ª edição.
- ²BROWN, T. et al. Química A Ciência Central. Editora Prentice Hall Brasil, 2008, 9ª edição.
- ³DE SOUSA GIFFONI, Joel; DA SILVA BARROSO, Maria Cleide; DE GOIS SAMPAIO, Caroline. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. e13963416-e13963416, 2020.
- ⁴IRON MAN. Stan Lee. United States: Marvel Comics. [1963].
- ⁵MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H., Química Ensino Médio Volume 2, Editora Scipione, 2017, 3ª edição.
- ⁶NAPOLITANO, Marcos. Como usar cinema em sala de aula? São Paulo, Brasil: EccoS Revista Científica, 2003, P. 7 - 11, v.5, n°1. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/715/71550112.pdf> >. Acesso em: 9 fev. 2024.
- ⁷PAIVA, M. L. et al. Uso da Pedagogia do Cinema como Método Facilitador da Aprendizagem de Química: Aprendendo Estequiometria com a Feiticeira Escarlata. VII ENALIC, nov. 2021. Disponível em: < <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/85056> >. Acesso em: 9 fev. 2024.

APÊNDICE E – MATERIAL DE AULA ENCONTRO 01



ELETROQUÍMICA

MARVEL STUDIOS
3º ano 2025

O QUE É ELETROQUÍMICA?



Eletro



Química

Pode-se definir por eletroquímica o ramo da química que explica os fenômenos de transferência de elétrons que protagonizam a conversão de energia química em energia elétrica e vice-versa.

ESPONTANIEDADE DOS PROCESSOS ELETROQUÍMICOS



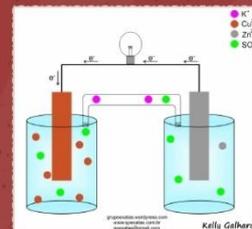
UMA VIAGEM NO TEMPO COM A ELETROQUÍMICA



1700 – Alessandro Volta



1836 – John Frederic Daniell



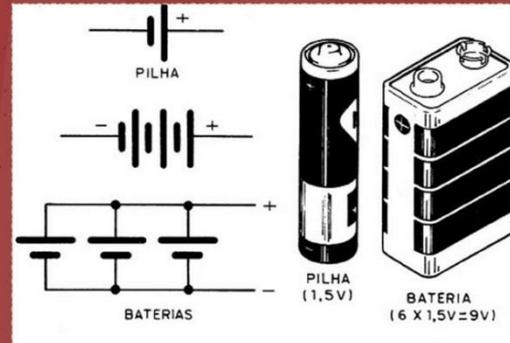
PILHA X BATERIA

PILHA

Composta por dois eletrodos e um eletrólito arranjados de modo que seja gerada energia elétrica.

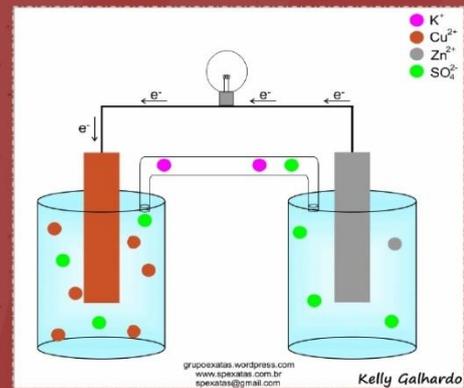
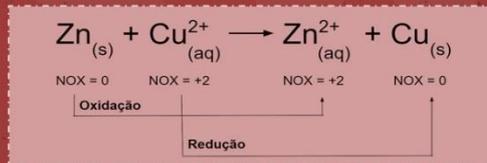
BATERIA

Conjunto de pilhas agrupadas com o propósito de gerar mais energia.



EXPLICANDO PILHAS A PARTIR DA PILHA DE DANIELL

- A pilha de Daniell se trata de um sistema espontâneo de transferência de elétrons que transforma energia química em energia elétrica.
- Soluções eletrolíticas;
- Eletrodos;
- Ponte Salina;



REÇÕES DE OXIRREDUÇÃO

OXIDAÇÃO	REDUÇÃO
Perde elétrons	Ganha elétrons
Nox aumenta	Nox diminui
Agente redutor	Agente oxidante

Agente Redutor	Agente Oxidante
Provoca redução do agente oxidante	Provoca oxidação do agente redutor
Perde elétrons	Recebe elétrons
Seu NOX aumenta	Seu NOX diminui



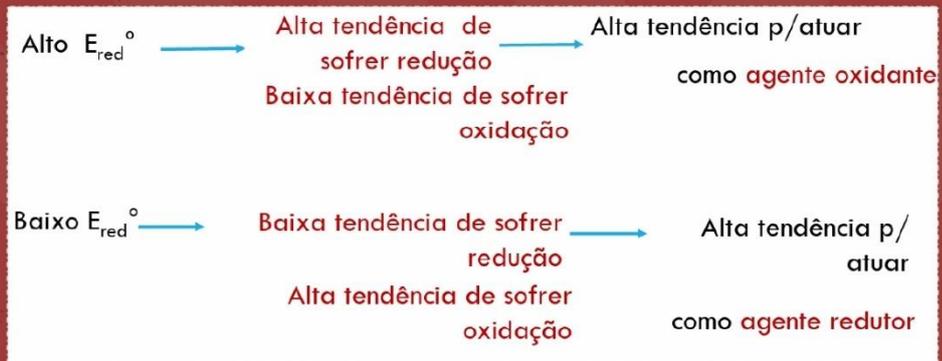
POTENCIAIS PADRÕES DE REDUÇÃO

Meia-reação	E°/V
$\text{Li}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3,05
$\text{K}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2,93
$\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Ba}(\text{s})$	-2,90
$\text{Sr}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Sr}(\text{s})$	-2,89
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2,87
$\text{Na}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2,37
$\text{Be}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Be}(\text{s})$	-1,85
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Mn}(\text{s})$	-1,18
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,44
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2e^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	-0,31
$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Co}(\text{s})$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0,13

$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	+0,13
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Cu}^+(\text{aq})$	+0,15
$\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,20
$\text{AgCl}(\text{s}) + e^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$	+0,22
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-(\text{aq})$	+0,40
$\text{I}_2(\text{s}) + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq})$	+0,53
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{OH}^-(\text{aq})$	+0,59
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	+0,68
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	+0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightarrow 2\text{Hg}(\text{l})$	+0,85

O potencial padrão mede o poder de um eletrodo de puxar elétrons.

COMPARAÇÃO DA FORÇA DE OXIDANTES E REDUTORES



POTENCIAL PADRÃO DE UMA PILHA

$$\Delta E^{\circ} = E^{\circ} \text{ red do cátodo} - E^{\circ} \text{ red do ânodo}$$

POTENCIAL DE UMA PILHA

$$E = E^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \ln Q$$

ELETRÓLISE

- Processo não espontâneo de conversão da energia elétrica em energia química.

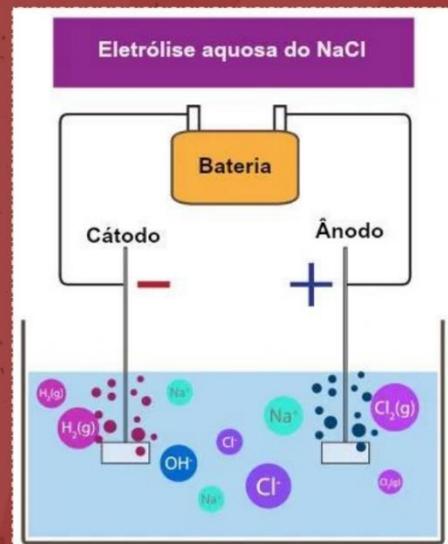
PILHA X ELETRÓLISE

PROCESSO ESPONTÂNEO	PROCESSO NÃO ESPONTÂNEO
TRANSFORMA ENERGIA QUÍMICA EM ELÉTRICA	TRANSFORMA ENERGIA ELÉTRICA EM QUÍMICA
POLO NEGATIVO: ÂNODO	POLO NEGATIVO: CÁTODO
POLO POSITIVO: CÁTODO	POLO POSITIVO: ÂNODO



Uma corrente elétrica será usada a partir de um gerador que pode ser uma pilha ou uma bateria para neutralizar os íons e consequentemente induzir a transformação deles em substâncias simples.

Ânodo → Polo Positivo → Ânions → Oxidação
 Cátodo → Polo Negativo → Cátions → Redução





O HOMEM DE FERRO EXPLICA A ELETROQUÍMICA

ESPONTANIEDADE DAS REAÇÕES



LÓGICA DAS PILHAS E BATERIAS COM O REATOR ARC



POTENCIAIS PADRÕES DE REDUÇÃO



QUESTÃO SOCIAL DA ELETROQUÍMICA



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINS, P., JONES, L. Princípios de Química. Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Editora Bookman, 2006, 3ª edição.
- BROWN, T. et al. Química A Ciência Central. Editora Prentice Hall Brasil, 2008, 9ª edição.
- DE SOUSA GIFFONI, Joel; DA SILVA BARROSO, Maria Cleide; DE GOIS SAMPAIO, Caroline. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, p. e13963416-e13963416, 2020.
- IRON MAN. Stan Lee. United States: Marvel Comics. [1963].
- MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H., Química Ensino Médio Volume 2, Editora Scipione, 2017, 3ª edição.
- NAPOLITANO, Marcos. Como usar cinema em sala de aula? São Paulo, Brasil: EccoS Revista Científica, 2003, P. 7 - 11, v.5, nº1. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/715/71550112.pdf> >. Acesso em: 9 fev. 2024.
- PAIVA, M. L. et al. Uso da Pedagogia do Cinema como Método Facilitador da Aprendizagem de Química: Aprendendo Estequiometria com a Feiticeira Escarlate. VII ENALIC, nov. 2021. Disponível em: < <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/85056> >. Acesso em: 9 fev. 2024.

APÊNDICE F – MATERIAL DE AULA ENCONTRO 02



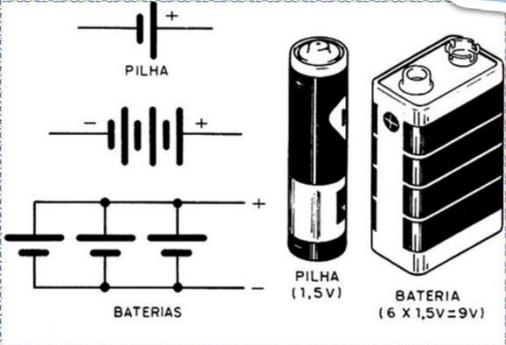
Eletroquímica

PILHAS E BATERIAS

3º ano 2025



É SEMPRE BOM LEMBRAR!!



COMPOSIÇÃO DAS PILHAS E BATERIAS NO BRASIL

PILHAS

	Leclanché
	Alcalina



BATERIAS

	Zinco/dióxido de manganês (Leclanché)
	Zinco/dióxido de manganês (alcalina)
	Lítio/dióxido de manganês



COMPOSTOS QUÍMICOS

Lead Supply risk

	Key isotopes	²⁰⁸ Pb	Pb
	Electron configuration	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	Lead
	Density (g cm ⁻³)	11.3	
	1 st ionisation energy	715.566 kJ mol ⁻¹	82 207.2

Mercury Supply risk

	Key isotopes	²⁰⁰ Hg	Hg
	Electron configuration	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	Mercury
	Density (g cm ⁻³)	13.5336	
	1 st ionisation energy	1007.066 kJ mol ⁻¹	80 200.592

Lithium Supply risk

	Key isotopes	⁷ Li	Li
	Electron configuration	[He] 2s ¹	Lithium
	Density (g cm ⁻³)	0.534	
	1 st ionisation energy	520.222 kJ mol ⁻¹	3 6.94

Cobalt Supply risk

	Key isotopes	⁵⁹ Co	Co
	Electron configuration	[Ar] 3d ⁷ 4s ²	Cobalt
	Density (g cm ⁻³)	8.86	
	1 st ionisation energy	760.402 kJ mol ⁻¹	27 58.933





PRODUÇÃO EM GRANDE ESCALA



“O cádmio e o chumbo provocam disfunção renal e problemas pulmonares; o manganês e o mercúrio afetam o sistema neurológico e o cérebro; o zinco e o cloreto de amônia atacam o pulmão.”

(MEDEIROS, 2005)



“Do ponto de vista químico, mesmo os metais que representam menores riscos em sua forma elementar, quando descartados sem controle junto com o resíduo sólido comum podem se transformar em substâncias extremamente perigosas e tóxicas à saúde e ao ambiente.”

(Eidler et al. 2003, citado por ALVEZ, 2016)



RECICLAGEM E LOGÍSTICA REVERSA



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVEZ, A. M. Descarte de pilhas e baterias: uma análise do comportamento da população conquistense. Monografia (Bacharelado em Direito) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2016.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R.. Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental. Química Nova na Escola, São Paulo, v.11, n.2, p.3-9, 2000.
- COMPLETO, V. M. P. ELETROQUÍMICA. Disponível em: <http://eletroquimica223.blogspot.com/2007/11/historia-da-eletricidade-e-eletoquimica_27.html?m=1>. Acesso em: 23 set. 2023.
- DA SILVA COSTA, Mayra Cristina; PORTO, Paulo Alves. A pilha de Daniell: um estudo de caso histórico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 38, n. 3, p. 1650-1673, 2021. Educação Ambiental na Política Nacional de Resíduos Sólidos - portalresiduossolidos.com. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/educacao-ambiental-na-politica-nacional-de-residuos-solidos/>>.
- GASPARINI, F. Futuro elétrico: a dependência das baterias é pior que a do petróleo? Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/491339/baterias-carros-eletricos-dependencia-petroleo/>>. Acesso em: 23 set. 2023.
- História da eletroquímica. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Histoire_de_%27%C3%A9lectrochimie>. Acesso em: 23 set. 2023.
- IRIBARNEGARAY, Martín Alejandro et al. Análise dos marcos institucionais para a exploração do lítio na América do Sul. 2022.
- LETÍCIA VAZ. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E LOGÍSTICA REVERSA. 2012/2013
- MEDEIROS, S. Química Ambiental. 3. ed. Recife: Copysim, 2005.
- Pilhas e baterias: importância do descarte correto. Disponível em: <<https://www.recicloteca.org.br/noticias/pilhas-e-baterias-importancia-do-descarte-correto/#:~:text=As%20pilhas%20e%20baterias%20%C3%A1>>.
- REIS, Tatyane Alves dos. Consumo desenfreado: fim dos recursos naturais, geração de resíduos e poluição ambiental. 2017.
- SOBRENOME, N. N.; SOBRENOME, N. N.. A eletroquímica como fonte de energia no cotidiano do ser humano. Nature and Conservation, v.13, n.2, p.67-76, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0007>
- WREDE, I. O desafio de reciclar baterias de veículos elétricos. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/o-desafio-de-reciclar-baterias-de-ve%C3%ADculos-el%C3%A9tricos/a-52178600>>. Acesso em: 23 set. 2023.
- ZANONI, Maria Valnice Boldrin et al. Panorama da eletroquímica e eletroanalítica no Brasil. Química Nova, v. 40, p. 663-669, 2017.

APÊNDICE G – ESTUDO DE CASO

Olá agentes, saudações!

Vocês acabam de ser recrutados para uma das missões mais importantes de suas carreiras. Estão prontos?

Temos em mãos um caso de assassinato que só uma equipe de elite como a de vocês é capaz de solucionar. Neste domingo, o gênio bilionário Anthony Edward Stark, nosso Homem de Ferro, foi encontrado morto. O principal suspeito já está detido, porém ainda não há evidências suficientes para condená-lo ou inocentá-lo. Sua missão é investigar todos os detalhes do caso e desvendar este mistério: por que Tony Stark morreu?

A S.H.I.E.L.D. confia em vocês. Analisem cuidadosamente os anexos do caso e encontrem a resposta.

CONFIDENTIAL



FICHA CONFIDENCIAL

DADOS PESSOAIS

Nome: Anthony Edward Stark / Tony Stark Altura: 1,74 m Peso: 87 kg Sexo: M

Data de Nascimento: 29/05/1970 Idade: 54 anos Status: morto

Naturalidade: EUA Cidade/Estado: Manhattan / New York Data de óbito: 10/03/2024

Codiname: Homem de Ferro Filiações: Indústrias Stark / Vingadores / S.H.I.E.L.D.

HISTÓRICO

Tony Stark é um inventor genial e industrial bilionário, que veste sua armadura de tecnologia de ponta para se tornar o super-herói Homem de Ferro. O filho adotivo do fabricante de armas Howard Stark herdou a empresa de sua família ainda jovem após a morte de seus pais. Enquanto supervisionava uma fábrica em um país estrangeiro, Stark foi sequestrado por terroristas locais. Em vez de ceder às demandas de seus captores para construir armas para eles, Stark criou uma poderosa armadura para ele escapar. Voltando para a América, Stark melhorou ainda mais a armadura e colocou seus vastos recursos e intelecto para usar para a melhoria do mundo como Homem de Ferro, também abandonando rapidamente a fabricação de armas, tendo experimentado em primeira mão os horrores da guerra.

O Senhor Stark possui uma personalidade impulsiva e até mesmo auto-destrutiva em muitos momentos, colocando a própria vida em risco diversas vezes, entretanto também possui um bom senso de liderança e uma inteligência incomparável.


RESPONSÁVEL S.H.I.E.L.D. : Nick Fury



Caso Nº
25.723.522

Por volta das três horas da manhã desse domingo, a polícia local de Manhattan, no estado de Nova York, foi acionada por meio de uma ligação feita de um número privado, solicitando que unidades fossem enviadas com urgência para a residência Stark. Assim que os aliados da S.H.I.E.L.D. rastrearam o chamado, assumiram o controle da investigação imediatamente. Um grupo composto por oito agentes especiais foi destacado para a cena do crime.

Ao chegarem à mansão do Homem de Ferro, tudo parecia em perfeita ordem, exceto pela oficina, onde a vítima costumava construir suas armaduras e, mais recentemente, desenvolvia o projeto da nova bateria Stark. O local estava repleto de diversos metais espalhados, incluindo chumbo, cobre, zinco, manganês, mercúrio, lítio e cádmio. Na bancada principal, era possível observar protótipos de pilhas e baterias que Tony Stark estava desenvolvendo, combinando diferentes metais com soluções eletrolíticas, seguindo a estruturação de uma Pilha de Daniel. As pilhas bem-sucedidas eram agrupadas para a formação de baterias, enquanto os modelos fracassados permaneciam espalhados pelo ambiente.

A vítima foi encontrada sem vida, caída no chão, em meio a uma oficina completamente desorganizada, com indícios claros de que algo fora do comum havia ocorrido. Testemunhas confirmaram que Loki foi a última pessoa vista deixando a mansão. Ele foi localizado e detido poucas horas depois, por volta das 6h da manhã, na residência de seu irmão, Thor, que, no momento, recebia do próprio Loki a notícia da morte de Tony Stark. O suspeito tentou resistir à prisão de todas as formas, mas acabou sendo levado sob custódia pela S.H.I.E.L.D.

Caso Nº
25.723.522

Abaixo seguem as imagens da cena do crime:



CONFIDENTIAL

NEW YORK TIMES

LOKI MATA HOMEM DE FERRO

INACREDITÁVEL

Durante a madrugada desse domingo, Tony Stark, o herói conhecido como Homem de Ferro foi encontrado morto em sua residência, a mansão Stark. Testemunhas afirmam que o último a ser visto saindo de lá foi o vilão Loki, que já foi detidos pelas autoridades.



**11
JUN**

**Baterias
Stark**

NÃO PERCA!

LANÇAMENTO!

Com a lamentável notícia da morte do filantropo Tony Stark, as indústrias Stark mantém de pé o lançamento de seu novo modelo otimizado de baterias que seguem o mesmo desing projetado para o reator ARC protagonizando um grande marco nos avanços tecnológicos desse século.

AUTÓPSIA

S.H.I.E.L.D.



A vítima apresentava sinais claros de disfunção renal aguda, quadro que, segundo os peritos, se desenvolveu em um curto intervalo de tempo. Foi observado inchaço abdominal causado por retenção de líquidos, além de exames que indicaram uma redução significativa no débito urinário.

Haviam também sinais de uma inflamação gástrica, sugerindo que Tony Stark vinha sofrendo de náuseas persistentes por, pelo menos, uma semana. Paralelamente, os exames apontaram uma queda acentuada na taxa de oxigênio no sangue, provocada por comprometimento pulmonar severo, que se desenvolvia de forma acelerada.

Além disso, a vítima apresentava indícios de lesões neurológicas, que possivelmente resultavam em episódios de perda de memória. Nas costas, foram identificados hematomas e escoriações, sugerindo que ele poderia ter caído ou sido empurrado. Entretanto, devido ao estado debilitado do organismo, não é possível determinar com precisão se a origem das lesões foi acidental ou resultado de uma agressão.

Conforme documentado nas imagens da cena do crime, Anthony Stark apresentava uma palidez extrema, e seu peito estava visivelmente inchado, especificamente na região onde costumava estar posicionado o reator ARC. No entanto, foi constatado que, no lugar do reator, encontrava-se um dos protótipos que ele parecia estar desenvolvendo no laboratório, e não o dispositivo original.

CONFIDENTIAL

DEPOIMENTO TESTEMUNHA

S.H.I.E.L.D.



Pepper Potts, esposa da vítima, foi a primeira testemunha a prestar depoimento. Ela estava presente na residência durante o ocorrido.

Em sua declaração, Pepper relatou que a noite transcorria de forma tranquila. Tony Stark permanecia no laboratório até tarde, comportamento que, segundo ela, vinha se tornando rotina no último mês, período em que ele estava totalmente dedicado ao desenvolvimento da bateria Stark.

Pepper explicou que este era um projeto sigiloso, conduzido de forma individual e confidencial. Segundo ela, Tony realizava testes em si mesmo, substituindo temporariamente o reator ARC pelo protótipo da nova bateria, além de realizar adaptações semelhantes em suas armaduras.

Na noite do crime, a testemunha afirma que Loki entrou furtivamente na residência e invadiu o laboratório. Algum tempo depois, ela flagrou o suspeito saindo às pressas da oficina. Imediatamente, Pepper correu até o local e encontrou Tony Stark já sem vida.

Curiosamente, ela destacou que não chegou a acionar a polícia, no entanto, as autoridades chegaram pouco tempo depois, como se já tivessem sido alertadas previamente por outra pessoa.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pepper Potts'.



DEPOIMENTO ACUSADO

S.H.I.E.L.D.



Loki, irmão de Thor, o Deus do Trovão, é atualmente o principal suspeito pela morte de Tony Stark, o Homem de Ferro. Testemunhas oculares relataram tê-lo visto saindo às pressas da oficina do Sr. Stark pouco antes de o corpo ser encontrado.

Após a ocorrência, Loki tentou fugir, mas foi localizado e detido algumas horas depois na residência de seu irmão, Thor. Durante o interrogatório, o acusado demonstrou resistência em colaborar, recusando-se inicialmente a responder às perguntas. No entanto, após certa pressão, acabou confessando que seu objetivo era roubar o protótipo da nova bateria desenvolvido pelas Indústrias Stark, pois sabia que ela possuía um potencial energético comparável ao do reator ARC. Segundo Loki, ele precisava dessa fonte de energia para viabilizar um de seus planos, cujo teor não foi revelado.

O suspeito afirmou que, ao chegar ao laboratório, de fato, ocorreu um conflito físico com Tony Stark, mas insistiu que apenas o empurrou, e que o empresário caiu no chão, aparentemente desacordado. Loki também destacou que Tony parecia estar em um estado de saúde extremamente debilitado, apresentando palidez, cansaço extremo e dificuldades na fala, como alguém que estivesse gravemente doente.

Diante da situação, Loki declarou que ficou assustado com o que viu e fugiu imediatamente, sem levar o protótipo, cuja composição e funcionamento permanecem desconhecidos até o momento.



CONFIDENTIAL



INSTRUÇÕES

S.H.I.E.L.D.



De acordo com as necessidades identificadas ao longo da investigação, foram definidos quatro pontos fundamentais que devem ser analisados com atenção por sua equipe. Esses elementos são cruciais para conduzir à obtenção das evidências necessárias a fim de esclarecer o que realmente aconteceu com o Homem de Ferro.

Além disso, uma informação confidencial está em rota de entrega e poderá chegar a qualquer momento. Devido ao alto nível de sigilo desta missão, a equipe só poderá solicitar apoio técnico da S.H.I.E.L.D. uma única vez, utilizando o cartão que acompanha este documento, o qual deverá ser entregue exclusivamente ao supervisor responsável.

Com base em todos os dados disponíveis e nos conteúdos abordados nas aulas anteriores, sua equipe deverá elaborar a resolução do caso e apresentar uma conclusão fundamentada.

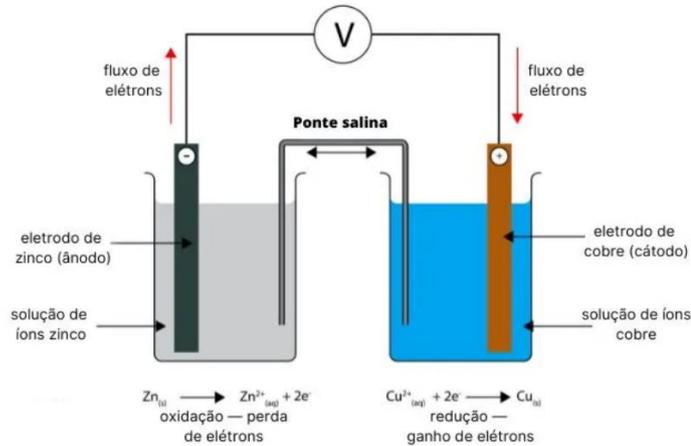
Boa sorte, agentes. A S.H.I.E.L.D. confia em vocês.

ESSA MENSAGEM SE AUTODESTRUIRÁ

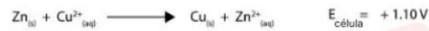
CONFIDENTIAL

DADOS PARA CONSULTA

S.H.I.E.L.D.



Reação global da célula



Potencial de redução (E^0_{red})	Estado reduzido	Estado oxidado	Potencial de oxidação (E^0_{oxid})
-3,04	Li	$Li^+ + e^-$	+3,04
-2,92	K	$K^+ + e^-$	+2,92
-2,90	Ba	$Ba^{2+} + 2e^-$	+2,90
-2,89	Sr	$Sr^{2+} + 2e^-$	+2,89
-2,87	Ca	$Ca^{2+} + 2e^-$	+2,87
-2,71	Na	$Na^+ + e^-$	+2,71
-2,37	Mg	$Mg^{2+} + 2e^-$	+2,37
-1,66	Al	$Al^{3+} + 3e^-$	+1,66
-1,18	Mn	$Mn^{2+} + 2e^-$	+1,18
-0,83	$H_2 + 2(OH)^-$	$2H_2O + 2e^-$	+0,83
-0,76	Zn	$Zn^{2+} + 2e^-$	+0,76
-0,74	Cr	$Cr^{3+} + 3e^-$	+0,74
-0,48	S^{2-}	$S + 2e^-$	+0,48
-0,44	Fe	$Fe^{2+} + 2e^-$	+0,44
-0,28	Co	$Co^{2+} + 2e^-$	+0,28
-0,23	Ni	$Ni^{2+} + 2e^-$	+0,23
-0,13	Pb	$Pb^{2+} + 2e^-$	+0,13
0,00	H_2	$2H^+ + 2e^-$	0,00
+0,15	Cu^+	$Cu^{2+} + e^-$	-0,15
+0,34	Cu	$Cu^{2+} + 2e^-$	-0,34
+0,40	$2(OH)^-$	$H_2O + 1/2 O_2 + 2e^-$	-0,40
+0,52	Cu	$Cu^+ + e^-$	-0,52
+0,54	$2I^-$	$I_2 + 2e^-$	-0,54
+0,77	Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^-$	-0,77
+0,80	Ag	$Ag^+ + e^-$	-0,80
+0,85	Hg	$Hg^{2+} + 2e^-$	-0,85
+1,09	$2Br^-$	$Br_2 + 2e^-$	-1,09
+1,23	H_2O	$2H^+ + 1/2 O_2 + 2e^-$	-1,23
+1,36	$2Cl^-$	$Cl_2 + 2e^-$	-1,36
+2,87	$2F^-$	$F_2 + 2e^-$	-2,87

ORDEM CRESCENTE DE AÇÃO OXIDANTE

ORDEM CRESCENTE DE AÇÃO REDUTORA

DADOS PARA CONSULTA

S.H.I.E.L.D.



Metal	Massa Atômica (g/mol)
Chumbo (Pb)	207.2
Cobre (Cu)	63.55
Zinco (Zn)	65.38
Manganês (Mn)	54.94
Mercúrio (Hg)	200.59
Lítio (Li)	6.94
Cádmio (Cd)	112.41

Fórmulas de Número de Mols e Concentração

1. Fórmula do Número de Mols (n):

$$n = m / M$$

Onde:

n - Número de mols (mol)

m - Massa da substância (g)

M - Massa molar da substância (g/mol)

Esta fórmula relaciona a quantidade de matéria (n) com a massa (m) e a massa molar (M) da substância.

2. Fórmula da Concentração (C):

$$C = n / V$$

Onde:

C - Concentração em quantidade de matéria (mol/L)

n - Número de mols (mol)

V - Volume da solução (L)

DADOS PARA CONSULTA

S.H.I.E.L.D.



Equação de Nernst a 25°C

Fórmula da Equação de Nernst:

$$E = E^{\circ} - (0,059/n) * \log(Q)$$

Onde:

E - Potencial da célula (ddp) nas condições não padrão (em volts, V).

E° - Potencial padrão da célula, quando todas as espécies estão em concentrações padrão (1 mol/L) ou pressão padrão (1 atm), a 25°C (em volts, V).

n - Número de elétrons transferidos na reação global da célula.

Q - Quociente da reação, dado pela razão entre os produtos elevados aos seus coeficientes estequiométricos e os reagentes elevados aos seus coeficientes.

log - Logaritmo decimal (base 10).

0,059 - Fator simplificado da constante (RT/F) a 25°C (298 K), aplicável quando usamos logaritmo decimal.

Importante:

Se $Q < 1$ - E aumenta (a reação favorece o sentido espontâneo).

Se $Q > 1$ - E diminui (a reação se aproxima do equilíbrio).

CONFIDENTIAL

APÊNDICE H – INSTRUÇÕES PARA A RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO

SOLICITAÇÕES PARA A MISSÃO

S.H.I.E.L.D.



01. Para compreender melhor a provável causa da morte do Sr. Stark e analisar a hipótese de um possível envenenamento, é essencial determinar quais metais foram utilizados como eletrodos na pilha que deu origem à bateria testada pelo Sr. Stark. As informações obtidas pelas evidências encontradas até o dado momento são de que o sistema eletroquímico havia sido projetado com o intuito de gerar uma DDP de 3,89 V que seria amplificada pelo reator ARC.

CONFIDENTIAL

SOLICITAÇÕES PARA A MISSÃO

S.H.I.E.L.D.



02. Partindo das informações obtidas por suas análises e tendo consciência de que todos os dados do seu relatório serão encaminhados para uma equipe de especialistas, portanto faz-se necessário o uso de uma linguagem científica propriamente adequada, se apropriando dos conceitos explorados na eletroquímica, como garantir qual dos metais presentes na pilha estaria na forma de íons?

CONFIDENTIAL

SOLICITAÇÕES PARA A MISSÃO

S.H.I.E.L.D.



03. Considerando a possibilidade de que um ou mais metais presentes no laboratório tenham entrado em contato direto com o corpo do Sr. Stark, é necessário avaliar: (I) Se esses metais são tóxicos para o organismo humano. (II) Quais seriam suas possíveis formas químicas após os processos eletroquímicos ocorridos no sistema, e se esses compostos podem estar relacionados aos sintomas clínicos observados na vítima, como insuficiência renal, problemas neurológicos e respiratórios.

CONFIDENTIAL

INFORMAÇÃO CONFIDENCIAL

S.H.I.E.L.D.



Atenção agentes! Nossa equipe conseguiu alguns dados ultrassecretos que podem ajuda-los ao decorrer da investigação, a mensagem que estão recebendo está programada para se autodestruir assim que a missão for concluída e o caso for solucionado.

Durante um dos exames toxicológicos realizado no homem de ferro, foi possível identificar sinais de contaminação, o Homem de Ferro apresentou sinais de contaminação por Lítio (Li). Para estimar a concentração do íon Li^{2+} presente na corrente sanguínea, foi montada uma pilha eletroquímica onde a diferença de potencial da pilha medida foi de 3,88 V, à temperatura de 25°C. Com base nessas informações, nossos especialistas afirmam que a concentração de íons Li^{2+} no sangue da vítima pode ser a evidência necessária para encerrar o caso.

Orientações dos peritos químicos para a equipe: Existem duas vias principais de exposição ao Lítio: Oral (ingestão) e intravenosa. Para diferencia-las analisa-se a concentração do íon Li^{2+} no organismo. Desse modo, essa respectiva concentração precisa ser de no mínimo 1,85 mol/L para que a exposição seja considerada com intravenosa, qualquer valor inferior indica uma contaminação oral, que dentro do contexto dessa missão evidenciaram indícios de um crime.

CONFIDENTIAL