

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

ISABELA ROCHA DE MACEDO

Design Thinking: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Ribeirão Preto

2023

ISABELA ROCHA DE MACEDO

Design Thinking: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Andreia Mesquita Silva da Veiga

Ribeirão Preto

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Macedo, Isabela Rocha de

Design Thinking: uma proposta para o ensino de eletroquímica.
Ribeirão Preto, 2023.

82 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto. Área de concentração: Ensino de Química.

Orientador: da Veiga, Márcia Andreia Mesquita Silva.

1. Design Thinking. 2. Ensino de Química. 3. Eletroquímica. 4. Metodologias Ativas.

Nome: MACEDO, Isabela Rocha de

Título: *Design Thinking*: uma proposta para o ensino de eletroquímica.

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 14/07/2023

Banca Examinadora

Profa. Dra. Márcia Andreia Mesquita Silva da Veiga

Instituição: Universidade de São Paulo – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto

Parecer: Aprovado

Profa. Dra. Michelle Jakeline Cunha Rezende

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto de Química

Parecer: Aprovado

Profa. Dr. Thiago Regis Longo César da Paixão

Instituição: Instituto de Química da Universidade de São Paulo

Parecer: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, sabedoria e ânimo para conseguir realizar meu sonho.

Aos meus pais, Rivaldo e Vanilde, meu irmão Guilherme e meu companheiro Ettore, pelo incentivo, amor, carinho e apoio em todas as decisões. Em especial, a minha avó Izaura que me deu forças para lutar e não desistir do meu sonho.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Márcia pela orientação, incentivo, confiança e paciência durante esta etapa.

Agradeço a USP e o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional por proporcionarem essa experiência acadêmica inexplicável.

As minhas amigas que foram companheiras de formação, Letícia, Luciana e Maila.

Agradeço toda equipe da ETEC José Carlos Seno Júnior.

Obrigada a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram com essa pesquisa.

“A missão do professor não é dar respostas prontas. As respostas estão nos livros, estão na internet. A missão do professor é provocar a inteligência, é provocar o espanto, é provocar a curiosidade.”

Rubem Alves

Macedo, Isabela Rocha de. *Design Thinking: uma proposta para o ensino de eletroquímica*. 2023. 82 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

RESUMO

A adoção de metodologias inovadoras no ambiente escolar vem crescendo nos últimos anos. O ensino de química ainda se conserva muitas vezes em uma abordagem tradicional e mecânica, sendo necessária a implementação de novas estratégias metodológicas para incentivar e motivar os alunos. Nesse sentido, o *Design Thinking* se apresenta como uma metodologia ativa inovadora a qual agrega o aluno como protagonista do conhecimento, despertando-o para a empatia, trabalho em grupo, criatividade e resolução de problemas complexos inerentes ao ensino-aprendizagem. O presente trabalho teve como objetivo identificar e avaliar as contribuições do *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de eletroquímica. A fundamentação teórica foi pautada em Freire, IDEO e *D.SCHOOL*. A metodologia da pesquisa foi desenvolvida dentro de uma abordagem qualitativa de caráter exploratório envolvendo estudo de caso. Os instrumentos de coleta de dados aconteceram por meio da observação não-participante, entrevista não estruturada, grupo focal e ferramentas do *Design Thinking*: mapa de empatia, *brainstorming* e grade de captura de *feedback*. Desta forma, o presente estudo atingiu seus objetivos, e o produto educacional desenvolvido nesta pesquisa pode ser empregado como uma sequência didática no ensino de células galvânicas. Além disso, ele estimula os alunos a colaborar em equipe, tornar-se protagonista de seu próprio processo de aprendizado e contribuir para uma educação mais envolvente, significativa e eficaz.

Palavras-chave: *Design Thinking*. Ensino de Química. Eletroquímica. Metodologias Ativas.

Macedo, Isabela Rocha de. *Design Thinking: a proposal for teaching electrochemistry*. 2023. 82 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2023.

ABSTRACT

The adoption of innovative methodologies in the school environment has grown in recent years. The teaching of chemistry is still often maintained in a traditional and mechanical approach, requiring the implementation of new methodological strategies to encourage and motivate students. In this sense, *Design Thinking* is an innovative active methodology that aggregates the student as the protagonist of knowledge, awakening him to empathy, group work, creativity, and solving complex problems inherent to teaching-learning—the present work aimed to identify and evaluate the contributions of *Design Thinking* to the teaching-learning of electrochemistry. The research methodology was developed within a qualitative exploratory approach involving a case study. Data collection instruments included non-participant observation, unstructured interviews, focus groups, and Design Thinking tools: empathy map, brainstorming, and feedback capture grid. In this way, the present study achieved its objectives, and the educational product developed in this research can be used as a didactic sequence in the teaching of galvanic cells. Furthermore, it encourages students to collaborate in teams, become protagonists of their own learning process, and contribute to a more engaging, meaningful, and effective education.

Keywords: *Design Thinking*. Chemistry teaching. Electrochemistry. Active Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de DT segundo a abordagem da D.SCHOOL (2011) de Stanford.	24
Figura 2 - Articulação das abordagens das fases do DT segundo a IDEO e D.SCHOOL (2011) de <i>Stanford</i>	27
Figura 3 - Fases do <i>Design Thinking</i>	28
Figura 4 - Pilha desenvolvida por Volta	31
Figura 5 - Célula eletroquímica (galvânica) em circuito aberto e seus componentes.	32
Figura 6 - Mapa de Empatia do grupo 1	48
Figura 7 - Mapa de Empatia do grupo 2	49
Figura 8 - Mapa de Empatia do grupo 3	49
Figura 9 - Mapa da Empatia do grupo 4	50
Figura 10 - <i>Brainstorming</i> realizado por todos os participantes durante o desafio proposto	51
Figura 11 - <i>Brainstorming</i> realizado pelo grupo 1	52
Figura 12 - <i>Brainstorming</i> realizado pelo grupo 2.....	52
Figura 13 - <i>Brainstorming</i> realizado pelo grupo 3.....	53
Figura 14 - Protótipo realizado pelo grupo 1.....	54
Figura 15 - Protótipo realizado pelo grupo 2.....	55
Figura 16 - Protótipo realizado pelo grupo 3.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Situação-Problema (DESAFIO).....	47
Quadro 2 - Respostas dadas pelos alunos às perguntas 10 a 13 contidas no ANEXO C.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos publicados envolvendo o <i>design thinking</i> e o ensino	21
Tabela 2 - Descrição das atividades realizada na sequência didática	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado da questão 1 respondida pelos alunos.	57
Gráfico 2 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 2 contidas no ANEXO C..	58
Gráfico 3 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 3 contidas no ANEXO C..	59
Gráfico 4 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 4 contidas no ANEXO C..	59
Gráfico 5 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 5 contidas no ANEXO C..	60
Gráfico 6 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 6 contidas no ANEXO C..	61
Gráfico 7 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 7 contidas no ANEXO C..	61
Gráfico 8 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 8 contidas no ANEXO C..	62
Gráfico 9 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 9 contidas no ANEXO C..	62

LISTA DE SIGLAS

DT – *Design Thinking*

ETEC – Escola Técnica Estadual

ERIC – *Education Resources Information Center*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais

Qnesc – Química Nova na Escola

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SD – Sequência Didática

CNS – Conselho Nacional de Saúde

IDEO – Institut Dominicain estudos Orientales du Caire

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 PROBLEMÁTICA.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 OBJETIVOS.....	20
1.3.1 Objetivo Geral.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.2 Fases do <i>Design Thinking</i>	27
2.3 Ensino de eletroquímica e a prática pedagógica.....	29
3.4 ELETROQUÍMICA: o tema escolhido.....	30
3 METODOLOGIA	35
3.1 Delineamento Metodológico.....	35
3.2 Instrumentos e Procedimentos.....	36
3.3 Campo, sujeitos da pesquisa e considerações éticas	37
3.4 Elaboração, desenvolvimento e aplicação da sequência didática.....	39
3.5 Passo a passo para a aplicação da Sequência Didática.....	41
3.5.1 Atividade 1.....	42
3.5.2 Atividade 2.....	43
3.5.3 Atividade 3.....	44
3.5.4 Atividade 4.....	44
3.5.5 Atividade 5.....	45
3.5.6 Atividade 6.....	45
3.5.7 Atividade 7.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Aplicação da Sequência Didática (Fases: Exploratória e Empatia)	47
4.2 Aplicação da Sequência Didática (Fase de Ideação)	50
4.3 Aplicação da Sequência Didática (Fases: Experimentação e Evolução)	53
4.4 Aplicação do Pós-Questionário.....	56
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICES	73
APÊNDICE A – Mapa de Empatia (Questionário Inicial).....	73
APÊNDICE B – Grade de Captura de <i>feedback</i> (Questionário Final).....	74

APÊNDICE C – Questionário de avaliação das fases do <i>Design Thinking</i>	75
ANEXOS	77
ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	77
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	79

APRESENTAÇÃO

Minha jornada como professora é recente, teve início após minha conclusão da graduação em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de São Paulo, campus Catanduva no ano de 2017. Meu sonho sempre foi terminar a graduação e ingressar em um programa de pós-graduação. Fiz a inscrição no processo seletivo de pós-graduação com projetos na área de inorgânica e educação, porém na época tinha muitas dúvidas e inseguranças. Acabei não realizando a prova de mestrado por motivos pessoais e familiares.

Ao longo da minha graduação, sempre atuei em projetos de extensão e iniciação científica. No meu primeiro ano fui convidada para participar do cursinho pré-vestibular IF-Prepara, projeto de extensão desenvolvido pelos alunos do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de São Paulo, Campus Catanduva. Os alunos que participavam já haviam concluído o ensino médio e/ou cursavam o último ano do ensino médio na rede pública de ensino. Foi por meio desta experiência ao longo dos meus três anos de graduação, que pude vivenciar de perto a defasagem no processo de ensino-aprendizagem dos alunos nos conteúdos relacionados ao ensino de química.

Meus alunos são a minha maior motivação e inspiração, aprendo com eles todos os dias. Além disso, sempre fui apaixonada pela educação e buscando por melhorias e aperfeiçoamento na minha metodologia de ensino ingressei no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional no segundo semestre de 2020, realizei o meu sonho e não existe recompensa maior que buscar conhecimento e evoluir profissionalmente. Além de estar sempre em busca de ajudar e contribuir significativamente no processo de ensino-aprendizagem dos meus alunos, mostrando a eles que o ensino de química é maravilhoso e incrível.

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e o cenário atual globalizado vêm trazendo uma modernização da educação acompanhada pelas modificações sociais e culturais, tais como, globalização, socialização da informação, inclusão da tecnologia, entre outros. Os impactos dessas modificações nos costumes e hábitos das pessoas têm desafiado os pesquisadores buscarem por processos teórico-metodológicos que contemplem essas alterações e novos modos de ensinar (ALVARES, 2004).

Conforme apontado por Mitre et al. (2008), dentre os desafios ratificados para a educação do século XXI, destaca-se a autonomia do discente para a promoção do próprio conhecimento. No campo do ensino de química um dos problemas que caracteriza a pesquisa há mais de vinte anos é a dificuldade de aprendizagem dos estudantes e o desinteresse (SCHNETZLER; ADÚRIZ-BRAVO; AYMERICH, 2002). Alguns dos motivos relacionados ao desinteresse podem estar associados a metodologia de ensino empregada para ensinar os conteúdos desta área que ainda é completamente mecânica, no qual o aluno memoriza as fórmulas e conceitos para resolver futuras questões (NIAZ, 2002).

Sendo assim, e em consonância a tais pressupostos, esse projeto busca novas formas de propor interações entre os discentes e as percepções sobre o ensino de eletroquímica, utilizando o *Design Thinking* (DT) como uma metodologia ativa.

O DT é considerado como uma metodologia ativa inovadora que aplica ferramentas do design para solucionar problemas complexos. Nesse sentido, posiciona as pessoas no centro do processo, do início ao fim de todas as etapas desenvolvidas. Desta forma, é preciso liderança, autonomia e criatividade para criar soluções a partir da troca de ideias entre perfis completamente distintos, com isso o aluno irá ser o protagonista na construção do conhecimento (BROWN, 2010).

Na busca por divulgação e formação na perspectiva da eletroquímica, espera-se que a utilização do *Design Thinking* possa trazer contribuições e ser um grande aliado no ensino-aprendizagem de Química.

1.1 PROBLEMÁTICA

Em pesquisa realizada no Google Acadêmico e em bancos de dados acadêmicos, tais como: revista Química Nova na Escola (QNEsc) e a base *Education Resources Information Center* (ERIC), existem poucos trabalhos publicados na área de *Design Thinking* e o ensino de química. A maioria é encontrada em publicações internacionais, e a minoria é desenvolvida no Brasil. Desta forma, entende-se que existem várias questões a serem respondidas quanto as contribuições que o DT traz para o Ensino de Química.

No decorrer dos anos, houve uma vasta preocupação por parte dos educadores em valorizar o ensino e a aprendizagem, buscando explicações entre a relação intrínseca no processo de ensinar e aprender. De acordo com Piletti (1986), o ensino consiste basicamente na memorização pelo aluno do conteúdo exposto pelo professor, com a expectativa de que ele possa reproduzir o que foi transmitido.

No entanto, as instituições notaram que esse tipo de ensino era pouco eficaz e por si só, não atende mais as necessidades dos alunos do século XXI. Desta forma, buscam e refletem sobre intervenções pedagógicas para suprir essas necessidades e tornar a aprendizagem mais atrativa e significativa. Diversas estratégias pedagógicas incluem a utilização de metodologias ativas, tais como a sala de aula invertida, aprendizagem entre pares, cooperação na educação, gamificação e ensino personalizado, entre outras. Segundo Berbel (2011), essas abordagens ativas realçam a importância da disponibilidade de experiências, independentemente de serem reais ou virtuais, desempenhando um papel crucial no processo de aprendizado ao facilitar a aquisição de conhecimento por meio de atividades práticas e simulações.

Dentre as metodologias ativas utilizadas, este estudo terá como enfoque o *Design Thinking*. De acordo com Brown (2010), *Design thinking* é uma abordagem de pensamento crítico, e este termo é utilizado para se referir ao processo de pensamento crítico e criativo, organizando ideias de modo a estimular soluções e tomadas de decisões.

Considerando essas conjecturas, o projeto proposto busca responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as contribuições do *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de eletroquímica?

Ao eleger o DT para a condução da pesquisa, pretende-se apresentar aos educandos, uma metodologia ativa a qual apresenta em sua natureza a premissa da

inovação, trabalho colaborativo e empatia, o qual pode ser inserido em outras áreas da vida acadêmica ou profissional.

1.2 JUSTIFICATIVA

O eixo temático envolvendo eletroquímica vem sendo alvo de estudo nos últimos anos. Os estudos abordam as dificuldades que os professores encontram para ensinar e os obstáculos deparados pelos alunos durante a aprendizagem (ÖZKAYA; NIAZ, 2002). O ensino de eletroquímica acaba sendo muito abstrato, abrindo uma lacuna entre o nível macroscópico e microscópico. Além disso, as principais dificuldades vinculadas ao tema eletroquímica, são aos conceitos de redução, oxidação, corrente elétrica, condutibilidade elétrica e representação de reações de oxirredução.

Todavia, os alunos na sua vivência manipulam diversos objetos que incluem a eletroquímica, principalmente as células galvânicas que estão inclusos nas pilhas e baterias dos aparelhos eletroeletrônicos. Segundo o IBGE (CONTEÚDO, 2018), a utilização de acessórios e aparelhos eletroeletrônicos vem aumentando no decorrer dos anos. Em 2016, cerca de cento e trinta e oito milhões de brasileiros possuíam aparelhos de dispositivos móveis e a maioria possuíam acesso à internet.

Desta forma, pensando na inovação do conhecimento e a compreensão de que o Ensino de Química deve contribuir para a formação de um cidadão crítico, reflexivo, participativo e protagonista do seu processo de aprendizagem, este trabalho busca observar as contribuições que o DT traz para o ensino de eletroquímica, com ênfase em promover a inovação na resolução de problemas complexos, tendo o aluno no centro do desenvolvimento do projeto de maneira empática.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

- Identificar e avaliar as contribuições do *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de células galvânicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a abordagem do DT de modo a identificar como o seu processo, métodos e ferramentas podem contribuir para o ensino-aprendizagem de eletroquímica;
- Promover o pensamento criativo, a autonomia e a livre iniciativa dos alunos.
- Verificar se a proposta didática contribuiu para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes a partir do conteúdo trabalhado;
- Desenvolver um produto educacional na forma de sequência didática, para auxiliar o ensino de eletroquímica na educação básica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos foram publicados diversos trabalhos relevantes voltados para o ensino de química e o eixo temático de eletroquímica. Foi realizado um levantamento bibliográfico no Google Acadêmico, utilizando como expressões de busca: “oxidação, redução, pilhas, eletroquímica, ensino de eletroquímica, células galvânicas, *Design Thinking*, *education* e ensino de química”, tendo como banco de dados a revista Química Nova na Escola (QNEsc) e a base de dados ERIC. Alguns desses trabalhos foram consultados a fim de embasar o desenvolvimento desta pesquisa, uma vez que, não foram encontrados trabalhos realizados sobre o *Design Thinking* no âmbito educacional voltado para o ensino de química. A tabela 1 mostra alguns dos trabalhos consultados no âmbito do DT e o ensino.

Tabela 1 - Trabalhos publicados envolvendo o *design thinking* e o ensino

Título	Área	Objetivo	Referência
A relação entre a metodologia criativa <i>Design thinking</i> e o desenvolvimento da motivação no Processo de aprendizagem de adultos.	Educação	Analisar a possibilidade de existência de uma relação entre as metodologias criativas como o DT.	BÜCKER, 2015.
Contribuições do <i>Design Thinking</i> para a educação: um estudo em escolas privadas de Porto Alegre/RS.	Design	Avaliar as contribuições da abordagem do <i>design thinking</i> para apoiar os professores na projeção de estratégias de ensino e aprendizagem.	MELLO, 2014.

Revisão sistemática: Intersecções entre <i>design thinking</i> e equipe multidisciplinar no processo ensino-aprendizagem	Ensino Superior	Mapear as intersecções entre <i>design thinking</i> e equipe multidisciplinar no processo de ensino-aprendizagem.	MACHADO, 2019.
<i>Approaching design thinking online: Critical reflections in higher education</i>	Educação	Oferecer <i>insights</i> orientados para a prática sobre aprendizagem de design, desenvolvimento educacional e facilitação no <i>design thinking on-line</i> .	LUCA, 2021.
<i>A Sustainable Learning Approach: Design Thinking in Teacher Education.</i>	Educação	Conhecer a opinião dos futuros professores sobre o conceito de <i>design thinking</i> antes de começarem a atuar como professores.	GIRGINA, 2021.
<i>Design Thinking in Pharmacy Education: The Future of Classroom Preparation.</i>	Educação farmacêutica	Implementar os conceitos do <i>design thinking</i> na sala de aula, sua utilidade na educação farmacêutica e as vantagens que ele oferece.	MANOJ, 2020.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) para o Ensino Médio, os conteúdos de química precisam ser trabalhados através de situações cotidianas dos alunos. Diante das considerações, é primordial que o docente apresente o conhecimento científico, de modo que os discentes reformulem os seus saberes já adquiridos previamente.

Com um mundo cada vez mais tecnológico/digital e uma geração totalmente conectada é necessário que o processo educacional acompanhe essas mudanças. As instituições de ensino vêm apostando em estratégias envolvendo a utilização de metodologias ativas. Sendo assim, “a educação no século XXI exige o desenvolvimento de competências, habilidades, saberes e, acima de tudo, necessita de novos paradigmas para a formação e o desenvolvimento humano, de acordo com as expectativas atuais” (GONÇALVES et al., 2006, p. 13).

A partir dessas questões, a inovação no ambiente escolar é de suma importância para motivar e incentivar os alunos. Segundo Mitre et al. (2008), as metodologias ativas utilizam a problematização como estratégia de ensino-aprendizagem, pois diante daquele problema o aluno irá aprender, analisar, refletir, relacionar a informação com o que já tem de conhecimento e evoluir no seu processo de aprendizagem.

De acordo com Neves et al. (2018, p.13):

As metodologias ativas aprofundam os conhecimentos, estimulam a comunicação, ampliam a capacidade de ouvir a outra pessoa a falar, estimulam os trabalhos de equipe, desenvolvem a motivação individual e coletiva, bem como diversificam os estilos individuais de aprendizagem. Nesse sentido, o sucesso do ensino e da aprendizagem por meio de metodologias ativas só se faz com pleno engajamento de professores e alunos nas atividades propostas e os métodos utilizados devem contemplar os diversos estilos de aprendizagem presentes dentro da sala de aula.

Diante de uma perspectiva Freireana, pretende-se desenvolver o aprendizado por meio do protagonismo e evitar a passividade na criação do próprio conhecimento. Segundo (FREIRE, 2011):

A memorização mecânica do perfil do objeto não é o aprendizado verdadeiro do objeto ou do conteúdo. Neste caso, o aprendiz funciona muito mais como paciente da transferência do objeto ou do conteúdo do que como sujeito crítico, epistemologicamente curioso, que constrói o conhecimento do objeto ou participa de sua construção.

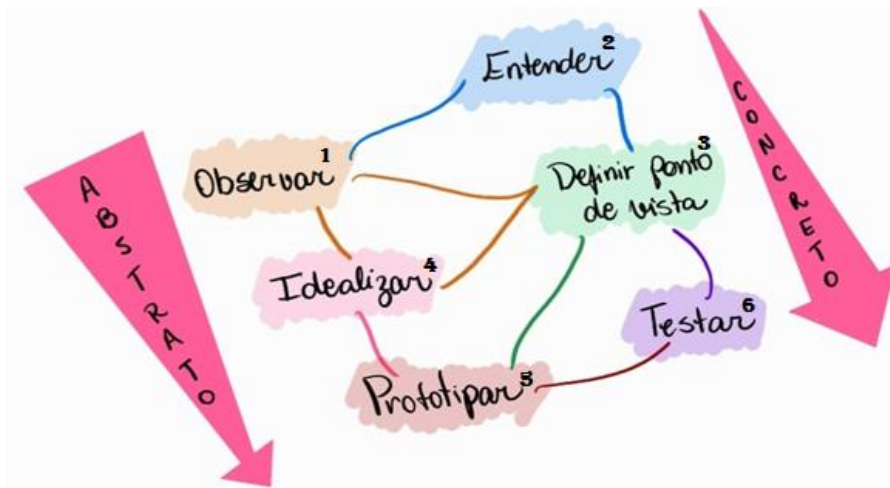
Deste modo, o ensino-aprendizagem pautado nas metodologias ativas levam o aluno a “fazer” e a “pensar no que faz”, ou seja, o aluno faz parte do processo de aprendizagem, ampliando sua autonomia.

Dentre as metodologias ativas que vêm sendo utilizadas, esta pesquisa teve como enfoque o *Design Thinking*. Ao analisar a evolução humana, a figura do *design* pode ser detalhada a partir do artesão, ou seja, o profissional na época que fazia artefatos domésticos para atender as necessidades da época. O conceito de *design* foi mencionado pela primeira vez na edição de *Oxford English Dictionary* em 1588 como “um plano ou esboço concebido para algo que se há de realizar” (CAVALCANTI, FILATRO, 2016, p. 2).

O *Design Thinking* teve início com as empresas e planos de negócios. Segundo Brow e Wyatt (2010), as empresas estão adotando cada vez mais o DT por ser mais inovador, diferenciar sua marca e trazer seus produtos e serviços ao mercado mais rapidamente.

No âmbito educacional, o termo *Design Thinking* (pensamento de *design*) é utilizado para a resolução de problemas complexos de forma inovadora em várias áreas do conhecimento, tendo o ser humano no centro das soluções. A partir da *D.SCHOOL* (2011), o DT deve apresentar cinco fases durante o processo criativo que são: empatia (entender/observar), definir, idealizar, prototipar e testar. A figura 1 ilustra como o processo de DT é conduzido na *D.SCHOOL* (2011) de *Stanford*, além de indicar os momentos que os pensamentos abstratos e concretos acontecem ao longo do processo.

Figura 1 - Processo de DT segundo a abordagem da *D.SCHOOL* (2011) de *Stanford*.



Fonte: Própria autora. Adaptado de *D.SCHOOL* (2011).

A seguir, são descritas as características de cada etapa ilustrada na figura 1:

1) Entender; 2) Observar – a fase da empatia é a etapa principal do DT centrada no ser humano. Nesse momento os alunos obtêm o máximo de informações possíveis para entender a natureza do problema a ser estudado, utilizam-se do pensamento abstrato para identificação do problema e suas inúmeras possibilidades de soluções. (D.SCHOOL, 2011)

3) Definir – etapa em que os alunos interpretam as informações obtidas na fase de empatia e definem o problema (D.SCHOOL, 2011). Nesta etapa, os alunos aplicam o pensamento concreto para estabelecer o ponto de vista previamente identificado nas fases anteriores.

4) Idealizar – é o momento de gerar o máximo de ideias criativas, utilizando-se do *brainstorming* (chuva de ideias). Nesta etapa, ocorre a identificação do problema e as possibilidades de soluções, por meio do pensamento abstrato a equipe concentra todos seus esforços nas novas ideias .

5) Prototipar – etapa em que os alunos vão tirar as ideias do papel e torná-las concreta e visual, ou seja, irão desenvolver os protótipos. Neste momento, retornam para o pensamento concreto, pois as ideias se tornam realidade, ou seja, saem do papel e passam a ser testadas.

6) Testar – etapa de testar os protótipos e aperfeiçoar as soluções propostas. Nessa etapa, o pensamento concreto é empregado porque os alunos analisam o protótipo proposto e podem reorganizar ou buscar uma nova solução.

Desta forma, a figura 1 mostra que as fases são flexíveis e a qualquer momento será preciso repensar as fases anteriores para aperfeiçoar as ideias iniciais e o protótipo final. Os alunos podem chegar à fase de protótipo e perceberem que o problema que definiram no início não funcionou ou não atingiu o desejo proposto. Neste caso, é preciso retornar às fases iniciais (entender e observar) para buscarem novas informações para solucionarem o problema.

Contudo, e diante dos trabalhos encontrados que abordam o ensino e *Design Thinking*, nota-se a ausência de pesquisas envolvendo a aplicação e as contribuições do DT para o ensino-aprendizagem de eletroquímica. Grande parte dos trabalhos tem o professor e sua formação como objeto de estudo. Além disso, é importante destacar que não foram encontradas pesquisas na área do ensino médio, público de interesse deste projeto de pesquisa.

2.1 Breve histórico do *Design Thinking* no ensino

Antes de entender o contexto do DT no âmbito educacional, inicialmente é preciso compreender o significado da palavra “*design*”, derivado do inglês, significa “projetar, desenhar, planejar”. Ao buscar nos dicionários online de língua portuguesa¹, a palavra ganha a conotação de “disciplina que visa à criação de objetos, ambientes, obras gráficas etc. que sejam ao mesmo tempo funcionais, estéticas e estejam em conformidade com as demandas da produção industrial”.

Segundo Hassi e Laakso (2011), o DT surgiu no século passado com Simon (1969) e Schon (1983) que publicaram livros apresentando as características do modo de pensar dos *designers*. Entretanto, o breve histórico dessa pesquisa é pautado na visão dos autores do campo da Administração, tais como: *D.SCHOOL* (2011) de *Stanford* e IDEO.

Desta forma, o termo DT se difundiu, a partir de 2005 pela Universidade de *Stanford* nos Estados Unidos. Essa escola é uma das principais instituições de pesquisa e aplicação do DT em atividades acadêmicas. Segundo Brown (2010) e Nitzsche (2011), o DT surgiu na empresa norte americana IDEO, fundada pelo *designer* David Kelley. Ele foi o responsável por criar o primeiro mouse para computador da Apple, um dos produtos mais inovadores e de suma influência nas últimas décadas, além disso, ele desenvolveu modelos de *Palm* e outras inovações.

O *Design Thinking* é um método de abordagem criativa e holística que visa abordar os problemas do mundo real, com foco nos humanos e suas necessidades. Ele tem sido usado para solucionar problemas complexos, desenvolvendo soluções inovadoras que geralmente são avaliadas por usuários finais para testar sua viabilidade. Desde então, o DT tem se desenvolvido e aprimorado, tornando-se uma abordagem amplamente aceita para resolver problemas não somente nas ciências da computação, mas também no âmbito educacional (FIELL C.; FIELL P., 2006).

O DT vem ganhando cada vez mais destaque no ensino, pois ele promove o pensamento crítico e inovador entre os estudantes, além de estimular a colaboração. É uma ótima ferramenta para desenvolver habilidades críticas e criativas, assim como proporcionar um processo de aprendizagem mais dinâmico. Além disso, é uma grande oportunidade para que os alunos vejam o mundo de forma diferente e descubram

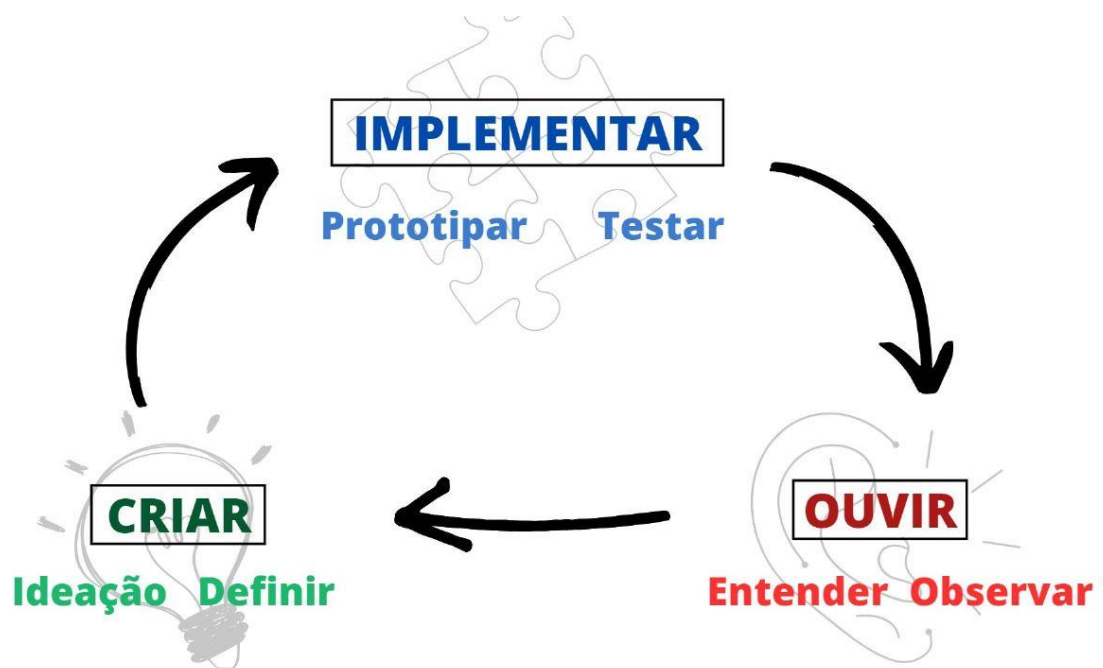
¹ *Design*, Disponível: <<https://www.dicio.com.br/design/>>. Acesso em: 13 mar. 2023.

novas formas de resolver problemas, ou seja, eles participam de todos os processos, passo a passo (BROWN, 2010).

2.2 Fases do *Design Thinking*

A presente pesquisa está pautada nas fases do *Design Thinking* de acordo com *D.SCHOOL* (2011) e *IDEO* (2009). Com base em publicações acadêmicas, há descrições dos processos de *Design Thinking* usados por ambas as perspectivas, devido aos elementos comuns encontrados entre as abordagens. A figura 2 ilustra a interconexão dessas duas perspectivas.

Figura 2 - Articulação das abordagens das fases do DT segundo a *IDEO* e *D.SCHOOL* (2011) de *Stanford*



Fonte: Elaborada pela autora (2023) inspirados em *IDEO* (2009) e *D.SCHOOL* (2011).

Como pode-se observar na figura 2, as etapas iniciais (entender e observar) propostas pela *D.SCHOOL* (2011) é compatível com a etapa de OUVIR da *IDEO*. As etapas de definir e ideação apresentam similaridade com a etapa de CRIAR proposta pela *IDEO*. São nessas etapas que surgem o maior número de ideias para solucionar o desafio proposto. Por fim, as etapas de prototipar e testar estão relacionadas com a

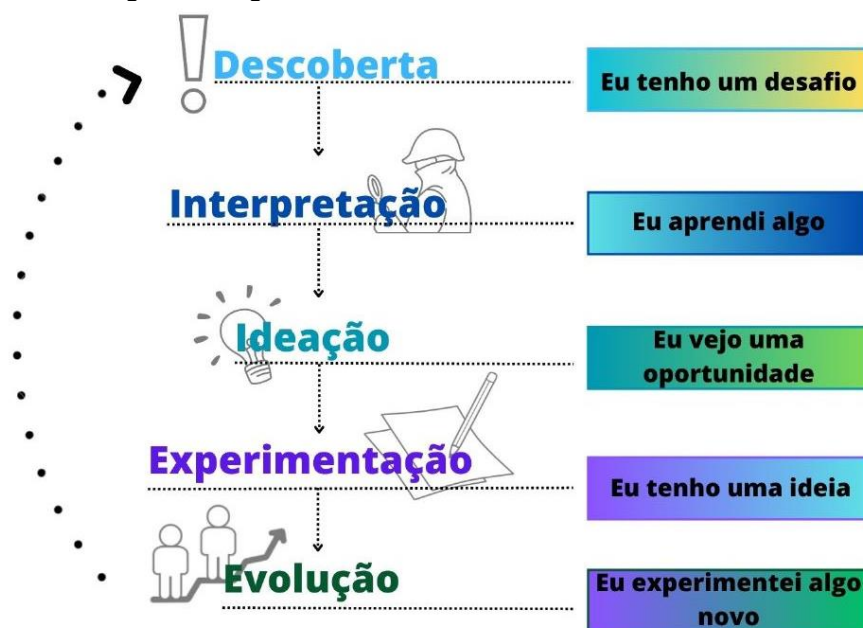
etapa de IMPLEMENTAR (etapa final e que representa as soluções propostas pelas equipes).

Todavia, os métodos apresentados por esses documentos foram adaptados e utilizados na presente pesquisa. Além disso, utilizou-se o Kit DT para educadores (versão traduzida para o Brasil da IDEO pelo instituto Riverdale).

Segundo Brown (2010), os processos não seguem um processo linear, ou seja, as etapas não possuem uma ordem cronológica de começo, meio e fim. Desta forma, as etapas podem ser revisadas a qualquer momento e quantas vezes forem necessários para o aperfeiçoamento do protótipo. Os erros fazem parte do processo e segundo Piaget (1997), o erro faz parte da aprendizagem, pois está dentro do processo construtivo do saber da criança ao longo do seu desenvolvimento. Para ele o erro é considerado uma técnica de aprendizagem, ou seja, o ato de aprender não consiste apenas em adquirir informações já construídas, mas sim reinventá-las por meio da criatividade de cada indivíduo.

Sendo assim, o processo do DT parece um pouco confuso no início, porém seus idealizadores revelam que os imprevistos e o inesperado que aparecem durante o processo, estimulam a criatividade e a inovação dos estudantes. Na prática e segundo Kit DT para educadores (2014), o processo acontece por meio de cinco fases, conforme a figura 3.

Figura 3 - Fases do *Design Thinking*



As principais fases do DT são: descoberta, interpretação, ideação, experimentação e evolução. Em cada etapa, são utilizadas ferramentas criativas que lhe permitem explorar alternativas para resolver o problema. O último passo é avaliar a eficácia da solução proposta para garantir que ela seja eficaz e aceita pelos grupos (Kit DT, 2014).

2.3 Ensino de eletroquímica e a prática pedagógica

De acordo com a Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018, a partir do ano letivo de 2022, tornou-se obrigatório para as escolas públicas e privadas a nova adequação às diretrizes curriculares nacionais do Ensino Médio. O novo Ensino Médio segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) inclui sete fundamentos, tais como: centralidade no estudante, protagonismo juvenil, desenvolvimento integral, projeto de vida, interdisciplinaridade, metodologias ativas e flexibilização curricular. No parágrafo 2º do artigo 7º das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (MEC, 2018):

[...] currículo deve contemplar tratamento metodológico que evidencie a contextualização, a diversificação e a transdisciplinaridade ou formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos, contemplando vivências práticas e vinculando a educação escolar ao mundo do trabalho e à prática social.

Partindo desse pressuposto, a educação deve ser organizada com a participação dos estudantes, de forma que eles sejam protagonistas do seu processo de ensino-aprendizagem. Desta forma, o foco da sequência didática partiu do pressuposto das metodologias ativas envolvendo as fases do DT, cujo objetivo é estimular os jovens a se tornarem indivíduos participativos, sempre na busca de uma sociedade mais democrática, mais ética, inclusiva e mais sustentável.

O ensino de eletroquímica é uma área ampla e sua compreensão abrange diversos aspectos científicos e tecnológicos presentes em nossa sociedade. Pode-se notar diversas aplicações, como as baterias portáteis, carros elétricos, eletrodeposição voltadas à prevenção da corrosão de metais, galvanização, robótica, entre outros (SANJUAN et al., 2009).

Os conteúdos de eletroquímica são abordados no 2º ano do Ensino Médio e são citados por docentes e educandos com um assunto de extrema dificuldade no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com SANTOS et al., 2018,

Os estudantes confundem elementos presentes nas pilhas como cátodo, ânodo, eletrodo positivo e eletrodo negativo, possivelmente, pelos detalhes muito semelhantes dessa ciência. Diante destas e outras dificuldades sentidas por alunos, pela relevância desta ciência para a humanidade, é necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano do aluno, associando a teoria com a prática de uma maneira contextualizada.

Com isso, observamos que o ensino de Eletroquímica acontece na maior parte pela memorização dos conceitos e quando os alunos precisam colocar seus conhecimentos teóricos em prática é observado a dificuldade. Eles apresentam muita dificuldade em compreender os conceitos, pois é preciso um raciocínio complexo e organizado por parte dos educandos, ou seja, vai além de uma visão macroscópica. Segundo Barreto (2017, vol. 39, p. 52-58), “A maioria dos alunos sente dificuldade em entender como ocorre a transferência de elétrons, e sua circulação, nas reações de oxirredução em células galvânicas”.

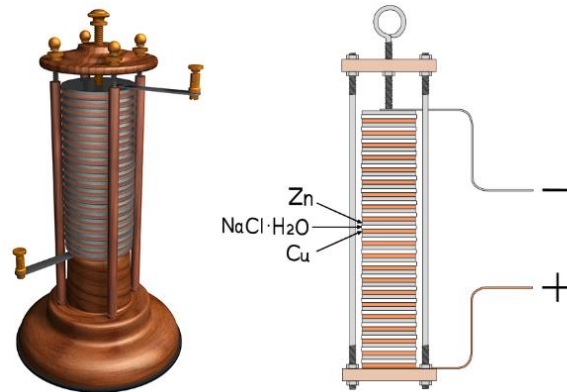
3.4 ELETROQUÍMICA: o tema escolhido

A eletroquímica iniciou por volta do século XVIII e XIX com os trabalhos de Galvani (1737-1798) e Volta (1745-1827). Galvani estabeleceu uma ponte entre contração muscular e a eletricidade, quando tocou uma rã com os dois extremos de uma tesoura e próximo a uma máquina eletrostática. Entretanto, o fenômeno observado era a corrente passando entre os 2 metais. Utilizando os estudos publicados por Galvani, Alessandro Volta corrigiu os conceitos propostos e desenvolveu a primeira pilha voltaica (ZANONI et al., 2017).

Volta foi o primeiro a descobrir que a corrente elétrica e as reações químicas estão relacionadas. Suas experiências iniciais resultaram em uma grande quantidade de novos conhecimentos sobre a eletroquímica e deram origem ao ramo da química que estuda a produção de energia usando reações químicas. Com isso, Volta estabeleceu a série eletroquímica baseado em sua teoria dos dois metais, conhecida também como pilha voltaica. Essa pilha foi construída colocando discos de cobre

alternados com discos de zinco separados por discos de papelão umedecido em uma solução de salmoura, conforme a figura 4 abaixo:

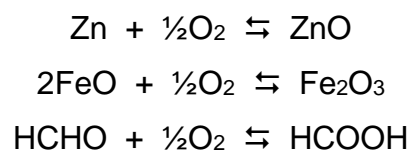
Figura 4 - Pilha desenvolvida por Volta



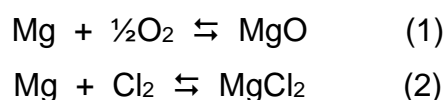
Fonte: Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/alessandro-volta-conheca-o-inventor-da-pilha-voltaica/>>. Acesso em: 06 março 2023.

Desta forma, ele desenvolveu o primeiro par de placas elétricas, porém a pilha voltaica descarregava muito rápido (ALMEIDA et al, 2012). Em 1836, John Frederic Daniell desenvolveu uma nova célula eletroquímica, uma pilha que conseguia manter a corrente elétrica por um período mais longo e foi chamada de pilha de Daniell. O desenvolvimento da instrumentação eletroquímica só ocorreu de maneira expressiva a partir do século XX (OLEH, 2023).

A antiga definição de uma reação de oxidação considerava este fenômeno como a fixação do oxigênio a um elemento ou composto, mineral ou orgânico, como nos exemplos abaixo:

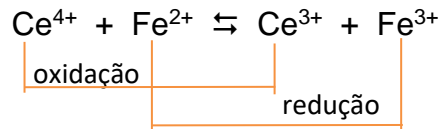


Entretanto, para as seguintes reações de oxidação do magnésio:



Tanto na reação (1) quanto na reação (2) o magnésio sofre perda de elétrons, ou seja, nos dois casos o magnésio foi oxidado. Porém, na reação (2) não ocorre a participação do oxigênio.

A definição moderna de oxidação não está mais condicionada a participação do oxigênio. É estabelecido que uma substância se oxida quando perde elétrons e se reduz quando ganha elétrons.



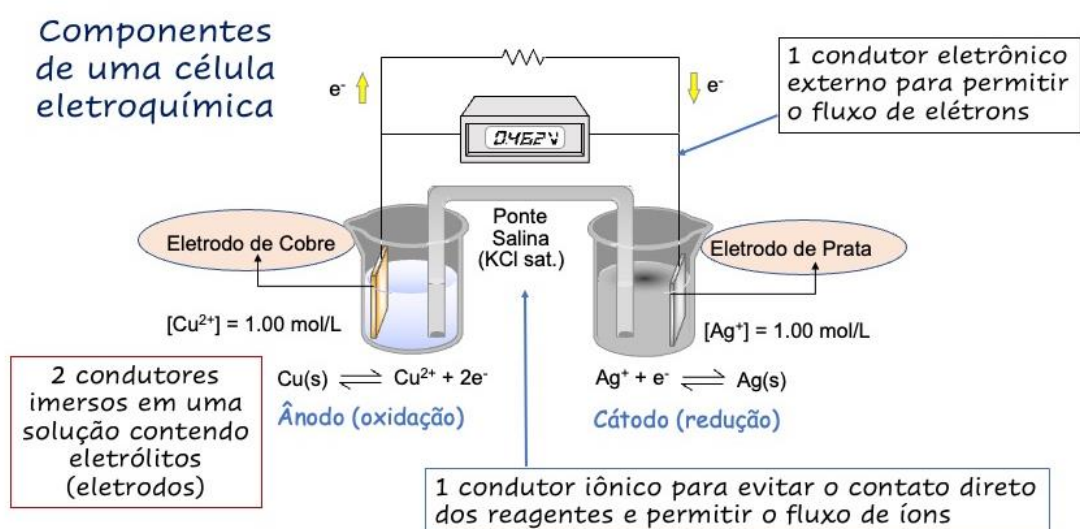
Assim, temos as seguintes definições:

Oxidação refere-se a perda de um ou mais elétrons por uma espécie durante a reação;

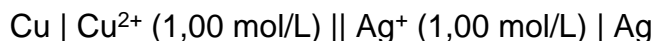
Redução refere-se ao ganho de um ou mais elétrons por uma espécie durante a reação.

A figura 5 apresenta uma célula eletroquímica composta por dois condutores chamados de eletrodos: um de cobre e outro de prata que estão imersos em soluções eletrolíticas. No caso da célula da figura 5, as soluções poderiam ser sulfato de cobre (eletrodo de cobre) e nitrato de prata (eletrodo de prata). Um eletrodo é o ânodo (polo positivo) e o outro é o cátodo (polo negativo). Os dois compartimentos estão separados por uma ponte salina cuja função é permitir a passagem de íons, ou seja, a condução de eletricidade de uma solução eletrolítica para a outra irá ocorrer pela migração dos íons presentes na ponte (SKOOG, 2006).

Figura 5 - Célula eletroquímica (galvânica) em circuito aberto e seus componentes.



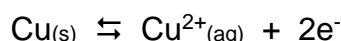
A notação simplificada para a célula eletroquímica da figura 5 é descrita como:



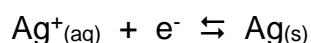
Onde a linha vertical simples indica a interface e a linha vertical dupla representa duas interfaces (extremidades da ponte salina). Do lado esquerdo temos a oxidação do cobre e do lado direito a redução da prata.

Quando a célula eletroquímica está em funcionamento tem-se:

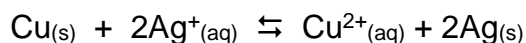
Eletrodo de cobre (nodo) → semirreação de oxidação:



Eletrodo de cobre (Cátodo) → semirreação de redução:



A equação global para a reação espontânea da célula é a soma das semirreações que ocorrem nos eletrodos de cobre e prata:



Em uma célula eletroquímica espontânea, o sentido do fluxo de elétrons (corrente elétrica) acontece do eletrodo de cobre (ânodo) para o eletrodo de prata (cátodo) através de um condutor externo. A célula apresentada na figura 5 é uma célula galvânica que desenvolve um potencial (0,462 Volts) quando não está em descarga. Quando os elétrons se movem através do circuito externo fluindo do ânodo para o cátodo, a célula está em descarga. Com o tempo, pode-se observar um aumento de massa no eletrodo de Ag (redução) e uma corrosão no eletrodo de cobre (oxidação), e o potencial da célula vai diminuindo até atingir o equilíbrio. Neste ponto, o potencial medido será 0,00 V e a capacidade de produção da corrente se extingue e a pilha acaba.

A pilha de Daniell foi usada como uma fonte de energia para muitos experimentos e serve, ainda hoje, como base para a maioria das baterias modernas. Segundo (ATKINS, JONES, 2006, p. 539), a eletroquímica se concentra no estudo das reações químicas que ocorrem de forma espontânea para gerar eletricidade e na utilização da eletricidade para impulsionar reações químicas que, por si só, não ocorreriam espontaneamente. Portanto, a eletroquímica é uma disciplina da química que investiga a relação entre a corrente elétrica e as reações químicas.

Com os avanços em eletroquímica foi possível separar cargas quimicamente para criar células, baterias e outros dispositivos úteis de armazenamento de energia. (SKOOG, 2006).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentado a abordagem e os procedimentos metodológicos adotados, com o objetivo de observar os resultados provenientes da aplicação do DT para o ensino-aprendizagem no ensino de células galvânicas.

3.1 Delineamento Metodológico

O desenvolvimento da pesquisa contemplou uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, que apresentou uma investigação a respeito do aprendizado de conceitos de eletroquímica, para uma turma do 2º ano do Ensino Médio. Para tanto, uma sequência didática incluindo as fases do DT foi elaborada como proposta de ensino e produto educacional. Sendo assim, algumas referências foram utilizadas a fim de dar embasamento teórico ao estudo para observar as contribuições que o DT traz para o ensino e fundamentar a interpretação dos dados obtidos.

A pesquisa qualitativa é voltada para uma conduta flexível por parte do pesquisador, cujo foco está pautado na percepção e interpretação dos alunos sobre determinado contexto (MOREIRA, 2002). Portanto, neste trabalho foram utilizadas como técnicas de coleta de dados:

➤ **Observação não-participante**

A técnica da observação é importante para adquirir conhecimentos claros e precisos por meio de buscas de informações sobre um objeto ou fenômeno. Segundo LAKATOS e MARCONI (1991), o pesquisador não interage com o grupo ou realidade a ser estudada, ou seja, permanece observando de fora.

➤ **Entrevista não estruturada**

A entrevista não estruturada é muito utilizada durante a imersão no processo de *Design Thinking*.

Segundo LAKATOS e MARCONI (1991),

O entrevistador tem a liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. É uma forma de explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversa informal.

➤ Grupo Focal

É uma técnica cujo objetivo é coletar dados por meio das interações em grupos. De Antoni et al. (2001, p.3) explica que:

[...]O termo grupo refere-se às questões relacionadas ao número de participantes, às sessões semiestruturadas, à existência de um *setting* informal e à presença de um moderador que coordena e lidera as atividades e os participantes. O termo focal é designado pela proposta de coletar informações sobre um tópico específico.

Segundo GIL (1995, p. 45), a pesquisa exploratória envolve o levantamento bibliográfico, análises e entrevistas para a compreensão de um determinado fenômeno. Além disso, proporciona maior familiaridade com um fenômeno pouco analisado de modo a deixá-lo mais claro e ampliar novas ideias.

As pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

O presente projeto também foi pautado em estratégias de estudo de caso em que se pretende observar os resultados provenientes da aplicação do DT no ensino de eletroquímica.

3.2 Instrumentos e Procedimentos

Os instrumentos de coleta de dados adotados para o desenvolvimento deste projeto segundo a abordagem do DT baseado na *D.SCHOOL* (2011), *IDEO* (2009) e *CAVALCANTI* (2015), foram organizados da seguinte forma:

Ferramentas do *Design Thinking*:

a) Mapa de empatia: utilizado para conhecer as pessoas e recolher dados importantes para a resolução do problema. Modelo disponível no APÊNDICE A.

b) *Brainstorming*: também conhecida como chuva de ideias. É uma técnica de criatividade, que se dedica a combinar e estender ideias, incentivar ideias pouco convencionais e com foco na quantidade (*OLIVEIRA et al., 2010*).

c) Grade de captura de *Feedback*: consiste na evolução do protótipo, ver o que deu certo e o que precisa ser melhorado. Modelo disponível no APÊNDICE B.

Como procedimento metodológico foi utilizada a análise do conteúdo proposta por Bardin (1977), compreendendo três etapas:

1) Descrição

Trata-se da etapa inicial, organizada no tratamento dos dados obtidos das informações descritas.

2) Inferência

É a etapa em que são realizadas hipóteses importantes dos dados coletados.

3) Interpretação

É a última etapa e ela irá gerar conclusões que darão significado aos dados analisados.

A análise de conteúdo é muito utilizada em pesquisas de caráter qualitativo. De acordo com Bardin (1977, p. 31), ele define a análise da seguinte maneira:

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações. Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações.

3.3 Campo, sujeitos da pesquisa e considerações éticas

A pesquisa foi realizada com uma turma de 39 alunos do 2º ano do ensino médio, da Escola Técnica Estadual do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (ETEC), autarquia da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, localizada na cidade de Olímpia, município do Estado de São Paulo, Unidade – José Carlos Seno Júnior. Local onde a pesquisadora e autora da pesquisa, também ministra aula há quatro anos. As atividades da pesquisa foram realizadas nos meses de agosto a dezembro de 2022, no período das aulas de química, durante a abordagem dos conteúdos de eletroquímica, uma vez que os conteúdos trabalhados fazem parte do conteúdo seguido pela Secretaria do Estado de São Paulo. Todas as atividades da pesquisa aconteceram presencialmente.

A ETEC, Unidade - José Carlos Seno Júnior, oferece ampla infraestrutura para o conforto e desenvolvimento educacional do aluno como internet, biblioteca, laboratórios de química e biologia, laboratórios de informática, pátio e refeições.

A presente pesquisa está de acordo com a Resolução 466/12 CNS (BRASIL, 2012), oferecendo o mínimo de risco, uma vez que, os participantes deste estudo não serão submetidos a procedimentos que ofereçam riscos. No ANEXO A, está (encontra-se) o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que descreve o acordo em respeito à autonomia, liberdade e privacidade dos participantes, evidenciando a colaboração de maneira voluntária, informações dos objetivos e utilização dos dados obtidos, além das metodologias a serem realizadas durante a pesquisa.

A pesquisadora cumpriu e executou todas as condições necessárias perante os princípios éticos envolvendo estudos com seres humanos, buscando garantir aos participantes sigilo de dados pessoais, tais como, as instituições que pertencem e o direito de deixar de fazer parte da pesquisa a qualquer momento e por qualquer circunstância. Estes receberam duas vias do TCLE, sendo que uma via do TCLE ficou com os sujeitos da pesquisa e a outra ficou com a pesquisadora após assinatura dos pais ou responsáveis.

Vale lembrar, mesmo que a pesquisa não ofereça nenhum risco aos participantes, a pesquisadora ficou atenta a qualquer manifestação ao longo do desenvolvimento do estudo. Sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não antevistos como risco, e que poderiam surgir no decorrer pelos participantes foram observados. No decorrer da entrega e explicação do TCLE, somente um aluno se recusou a assinar e não participar da pesquisa, seu desejo foi respeitado.

Diante isso, a pesquisadora utilizou o TCLE (ANEXO A) como justificativa adicional por não ser um documento obrigatório, pois os participantes do estudo são alunos da própria professora, que também é autora do estudo e mestranda do PROFQUI/USP. Adicionalmente, os pesquisadores tiveram autorização da Escola Técnica Estadual, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Unidade José Carlos Seno Júnior, para acesso aos dados (ANEXO B).

3.4 Elaboração, desenvolvimento e aplicação da sequência didática

Para auxiliar no ensino de eletroquímica, utilizou-se a estratégia de ensino baseada nas fases do *Design Thinking*, utilizando-se o desenvolvimento deste trabalho para promover a inovação na resolução de problemas complexos, tendo o aluno no centro do desenvolvimento do projeto de maneira empática.

A aplicação da Sequência Didática (SD) correspondeu a sete atividades, distribuídas em doze aulas com duração de cinquenta minutos cada. As atividades realizadas estão detalhadas na Tabela 2 a seguir.

Vale ressaltar que os alunos participantes da SD não haviam estudado o conteúdo de eletroquímica (células galvânicas). Assim, surgiu o interesse em trabalhar o conteúdo utilizando uma abordagem investigativa, tendo o aluno como formador do conhecimento envolvendo o desafio da criação de uma pilha e/ou bateria utilizando materiais de baixo custo e fácil aquisição.

Tabela 2 - Descrição das atividades realizada na sequência didática

Atividade	Descrição das Atividades/Fases	Objetivo
1	Esclarecimento sobre as fases que os estudantes participariam, leitura e preenchimento do TCLE (ANEXO A).	Apresentar aos alunos as etapas da pesquisa e auxiliá-los no preenchimento dos formulários. Requisito inicial para sua participação nas atividades de pesquisa.
2	Apresentação do desafio e aplicação do mapa de empatia (Fase Exploratória)	Conhecer as pessoas e recolher dados importantes para a resolução do problema.
3	Chuva de ideias (<i>Brainstorming</i>)	Gerar o maior número de ideias possíveis.
4	Prototipação	Desenvolver um protótipo.
5	Teste	Testar os protótipos e aperfeiçoar as soluções propostas.

6	Grade de Captura de <i>feedback</i>	Analisar e evoluir o protótipo para atender as necessidades.
7	Questionário de avaliação das fases do <i>Design Thinking</i>	Levantar informações sobre a motivação e satisfação dos alunos.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

De acordo com a sequência descrita na Tabela 2, inicialmente, foi entregue o TCLE (ANEXO A) aos participantes e foi solicitado o preenchimento do Termo de Declaração de Participante e orientação para entregar o Termo de Declaração de Responsabilidade Legal a seus pais e/ou responsáveis e explicar-lhes a necessidade do documento, bem como o significado de sua participação voluntária. A pesquisadora acompanhou o preenchimento do TCLE como requisito inicial para sua participação nas atividades de pesquisa. Para esta primeira etapa foi utilizada uma aula de cinquenta minutos.

Na segunda atividade e com a utilização de três aulas, os participantes foram divididos em grupos de cinco integrantes e foi explicada a metodologia do DT e apresentado o desafio. Em seguida, os participantes montaram o Mapa de Empatia - Questionário Inicial (APÊNDICE A), cujo objetivo é conhecer as pessoas e recolher dados importantes para a resolução do problema.

Posteriormente, na terceira atividade foi realizada em uma aula o *Brainstorming*, via eletrônica e por meio do site <https://www.mentimeter.com/pt-BR>. Nesta etapa, o principal objetivo foi gerar ideias criativas e os estudantes enviaram suas ideias por meio de celular que estavam conectados. As respostas foram compartilhadas e os participantes visualizaram durante a aula.

A quarta e quinta atividades, os alunos tiraram as ideias do papel e desenvolveram os protótipos que posteriormente, foram testados no laboratório da unidade escolar por meio de materiais de fácil aquisição e baixo custo. Neste momento, a pesquisadora pediu para cada grupo uma lista com os materiais que iriam precisar para os testes, feito isso, eles foram providenciados para eles sem nenhum custo. Após, foi realizada Grade de Captura de *feedback*, cujo finalidade é analisar e evoluir o protótipo para atender as necessidades.

Essas fases de experimentação e evolução foram as mais longas, levando seis aulas para a sua realização, pois é o momento mais minucioso e detalhado para desenvolver e testar os protótipos idealizados. Neste momento, é que acontecem os erros, as trocas de ideias, o aperfeiçoamento e colocar em prática o que foi elaborado, ou seja, é hora de dar vida para o protótipo por meio das criações.

Por fim, foi respondido o questionário de avaliação das fases do *Design Thinking*, cuja função foi levantar informações sobre a motivação e satisfação dos alunos durante os processos e fases realizadas. Desta forma, a aplicação da SD foi finalizada e, em seguida, os dados foram organizados e analisados a fim de se obter a análise dos resultados.

3.5 Passo a passo para a aplicação da Sequência Didática

Para desenvolver e aplicar essa sequência didática, é importante considerar os seguintes aspectos:

- Identificação dos objetivos de aprendizagem: Definir os objetivos que os alunos devem alcançar ao final da sequência didática. Por exemplo, compreender os conceitos básicos de eletroquímica, aplicar as leis fundamentais, analisar e interpretar dados experimentais, entre outros.

- Planejamento das atividades: Definir as atividades que serão realizadas em cada etapa da sequência didática. Isso pode incluir aulas expositivas, experimentos práticos, resolução de problemas, discussões em grupo, pesquisa bibliográfica, uso de recursos audiovisuais, entre outras estratégias pedagógicas.

- Tempo necessário: Estimar o tempo necessário para cada atividade, levando em consideração o tempo total disponível para abordar o tema da eletroquímica. Considerar o tempo de explicação do conteúdo, o tempo para realização de experimentos ou atividades práticas, o tempo para discussões e esclarecimento de dúvidas.

- Abordagem adequada: Adaptar a linguagem, os exemplos e as estratégias de ensino de acordo com o nível de compreensão dos alunos. Procurando tornar os conceitos mais acessíveis, utilizando exemplos do cotidiano, analogias e recursos visuais para facilitar a compreensão.

Vale ressaltar que a sequência didática é flexível e pode ser ajustada de acordo com as necessidades dos alunos e do contexto da sala de aula. É importante

também avaliar constantemente o progresso dos alunos para identificar possíveis dificuldades e adequar a abordagem, se necessário.

No contexto do projeto, o *Design Thinking* foi aplicado da seguinte forma:

I. Empatia: Foram realizadas pesquisas, entrevistas e grupos focais com os alunos do 2º ano do Ensino Médio para compreender suas necessidades, desafios e expectativas em relação ao ensino de eletroquímica. Observou-se como eles aprendiam, quais eram suas dificuldades e como se engajavam com o assunto.

II. Definição do problema: Com base nas informações coletadas, os principais desafios foram identificados e o problema a ser abordado foi claramente definido. Isso incluiu garantir que o tempo e as abordagens de ensino fossem adequados.

III. Ideação de soluções: Com o problema definido, foram realizadas sessões de *brainstorming* para gerar ideias sobre como solucionar o desafio proposto. Diferentes métodos de ensino, recursos didáticos e abordagens pedagógicas foram explorados, buscando tornar a eletroquímica mais acessível e interessante para os alunos.

IV. Prototipagem e teste: As melhores ideias foram selecionadas, e protótipos de sequências didáticas ou planos de aula que abordassem os conteúdos de maneira acessível e envolvente foram criados. Esses protótipos foram testados com os alunos do 2º ano do Ensino Médio, e o *feedback* foi coletado, observando-se a eficácia dessas abordagens.

V. Iteração: Com base no *feedback* dos alunos, as etapas das sequências didáticas e os planos de aula foram aprimorados. Foram feitos ajustes e refinamentos necessários para assegurar que os objetivos de ensino fossem alcançados e que os alunos se envolvessem e compreendessem os conceitos de células galvânicas.

A seguir estão descritas as atividades para a aplicação da Sequência Didática:

3.5.1 Atividade 1

Título: Esclarecimento sobre as fases que os estudantes participaram, leitura e preenchimento do TCLE (ANEXO A)

Tempo Previsto: 60 minutos

Objetivo: Apresentar aos alunos as etapas da pesquisa e auxiliar no preenchimento dos formulários.

Procedimento: A primeira atividade foi pautada no esclarecimento das fases que os estudantes participariam. Além disso, a leitura e o preenchimento do TCLE, conforme o ANEXO A, foram realizados.

Nesta etapa, a leitura do TCLE foi feita integralmente com os alunos, explicando corretamente os termos e registrando todos os campos que precisavam ser assinados e rubricados por eles e pelos responsáveis. Além disso, foram entregues duas vias (uma para a pesquisadora e outra para o participante/responsável) para a coleta das assinaturas dos responsáveis.

Esta etapa serviu como requisito inicial para a participação dos alunos nas atividades de pesquisa. Sendo assim, após a entrega de todos os TCLE preenchidos e assinados corretamente para a pesquisadora, as próximas atividades foram realizadas.

3.5.2 Atividade 2

Título: Apresentação do desafio e aplicação do mapa de empatia – Fase Exploratória e de Empatia

Tempo Previsto: 180 minutos

Objetivo: Conhecer as pessoas e recolher dados importantes para a resolução do problema.

Procedimento: Realização da divisão das equipes. Após, explicação por meio de slides da metodologia do DT, suas fases e o que se deve desenvolver ao longo do processo. Foi frisado que não existe uma linearidade nas fases e que errar faz parte do processo e da evolução.

Em seguida, foi apresentado o desafio proposto pelo docente (este foi baseado de acordo com a realidade e foi de acordo com o objetivo da pesquisadora).

Por fim, os participantes montaram o seu Mapa de Empatia - Questionário Inicial, conforme o APÊNDICE A, cujo objetivo é conhecer as pessoas e recolher dados importantes para a resolução do problema.

Orientação pedagógica

O desafio proposto nesse trabalho de mestrado foi pautado na seguinte situação-problema: **Como podemos criar uma pilha (célula galvânica) utilizando**

materiais de baixo custo e fácil aquisição? Além disso, seria possível montar um sistema que produz energia elétrica de baixo custo?

Vale lembrar que o desafio é o ponto de partida de todo o processo de *design*. Desta forma, a pergunta deve ser curta e de fácil compreensão. Além disso, deve ter cuidado para não incluir a resposta na pergunta durante a elaboração.

Observações: Os alunos foram divididos em grupos de cinco integrantes no máximo.
- Orientados para desenvolverem protótipos diferentes entre si.

3.5.3 Atividade 3

Título: Chuva de ideias (*Brainstorming*) – Fase de Ideação

Tempo Previsto: 60 minutos

Objetivo: Gerar o maior número de ideias possíveis.

Procedimento: Realização do *Brainstorming* via eletrônica, por meio do site <https://www.mentimeter.com/pt-BR>.

Nesta atividade, o principal objetivo foi gerar o maior número de ideias criativas. Os alunos enviaram suas ideias por meio do seu dispositivo celular, cujo link foi compartilhado via WhatsApp.

As respostas foram compartilhadas por meio de retroprojeter, no qual todas as equipes visualizaram o *Brainstorming* gerado por todos os alunos. Em seguida, cada equipe elaborou o seu próprio *brainstorming* de acordo com as principais ideias propostas por cada equipe para ideação do protótipo.

3.5.4 Atividade 4

Título: Prototipação – Fase Experimentação

Tempo Previsto: 120 minutos no mínimo

Objetivo: Desenvolver um protótipo.

Procedimento: Nesta atividade, os alunos começaram a tirar as ideias do papel e desenvolver os protótipos idealizados. Os testes foram desenvolvidos no laboratório da unidade escolar por meio de materiais de fácil aquisição e baixo custo.

Orientação pedagógica

A pesquisadora ficou responsável de providenciar os materiais necessários para os grupos.

Observação: Foi feita uma lista com os materiais que cada grupo precisava para realização dos testes. Desta forma, ficou mais organizada a distribuição dos materiais.

3.5.5 Atividade 5

Título: Teste – Fase de Experimentação

Tempo Previsto: 120 minutos no mínimo

Objetivo: Testar os protótipos e aperfeiçoar as soluções propostas.

Procedimento: Essa etapa consistiu em testar os protótipos idealizados, ou seja, verificar o que funcionou e o que precisava ser melhorado. Foi nesta etapa que os grupos erraram e aprimoraram o seu protótipo. É a fase do *Design Thinking* mais minuciosa e demorada, além da cooperação da equipe para evoluir o protótipo e atingir o desafio proposto.

3.5.6 Atividade 6

Título: Grade de Captura de *feedback* – Fase de Experimentação e Evolução

Tempo Previsto: 60 minutos

Objetivo: Analisar e evoluir o protótipo para atender as necessidades.

Procedimento: Durante a realização da fase de teste (Atividade 5), as equipes realizaram a Grade de Captura de *feedback* (APÊNDICE B), cuja finalidade é analisar e evoluir o protótipo para atender as necessidades.

Orientação pedagógica

As equipes quebraram a cabeça sobre o que precisava ser melhorado, a pesquisadora deu algumas dicas quando a equipe perguntou e não foi dada a resposta pronta (por mais que seja difícil).

3.5.7 Atividade 7

Título: Questionário de avaliação das fases do *Design Thinking*

Tempo Previsto: 60 minutos

Objetivo: Levantar informações sobre a motivação e satisfação dos alunos.

Procedimento: Etapa final, na qual os grupos responderam um questionário (APÊNDICE C) de avaliação das fases do *Design Thinking*, cuja função é levantar informações sobre a motivação e satisfação dos alunos durante os processos e fases realizadas. A partir do questionário foi possível verificar o que precisou ser melhorado e as contribuições *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de células galvânicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação da Sequência Didática (Fases: Exploratória e Empatia)

Esta etapa foi desenvolvida com base no desafio, ou seja, o projeto começa a ser desenvolvido e será norteado por meio da situação-problema (desafio) inicial. Com isso, os alunos começaram a arquitetar uma solução inovadora alinhada à proposta. Inicialmente, eles foram separados em grupos de cinco integrantes e começaram a pensar sobre o desafio envolvendo células galvânicas, conforme consta no Quadro 1.

Quadro 1 - Situação-Problema (DESAFIO)

Como podemos criar uma pilha (célula galvânica) utilizando materiais de baixo custo e fácil aquisição? Além disso, seria possível montar um sistema que produz energia elétrica de baixo custo?

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O desafio foi definido previamente pela pesquisadora, pois o desafio muitas vezes está ligado as experiências, espaços e processos enfrentados pelos docentes e escolas. Desta forma, o desafio envolveu uma questão de eletroquímica mais especificamente de células galvânicas (pilhas), citada conforme o capítulo 2.

Com isso, o desafio definido cujo objetivo é envolver os alunos no processo e reflexão sobre o que pode ser agregado no seu processo de ensino-aprendizagem. Segundo Kit DT PARA EDUCADORES (2014, p.19):

Todo processo de design começa com um problema específico e intencional a ser resolvido; ele é chamado de desafio de design. Um desafio deve ser passível de entendimento, ação, abordagem, e deve ter um escopo claro – nem tão grande nem tão pequeno, nem tão vago ou tão simples. O desafio envolve necessariamente um grupo de pessoas com o qual você se relaciona: outros educadores, mães e pais de alunos ou os próprios estudantes.

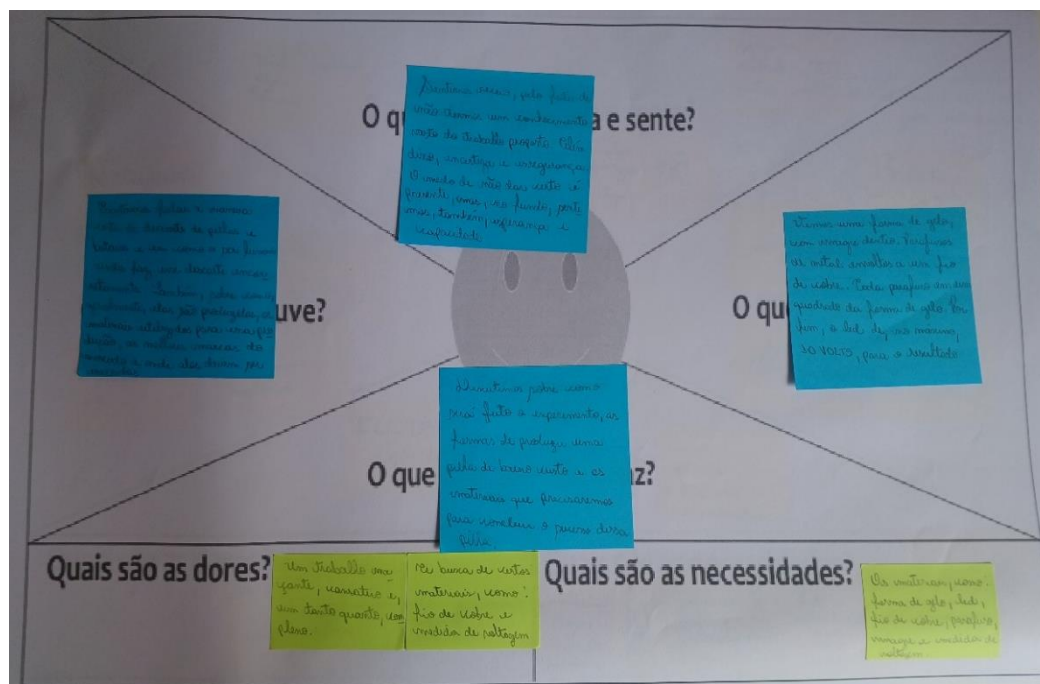
Vale lembrar que o desafio foi proposto sem antes os alunos terem estudado o conteúdo de eletroquímica, foi preciso muito pensamento e pesquisa para dar sequência ao desafio proposto. No início eles apresentaram um pouco de dificuldade para organizarem os pensamentos e colocá-los no papel.

A dificuldade enfrentada pelos alunos ocorreu devido a eles terem assumido o papel de protagonistas nas etapas do *design thinking*, uma vez que não lhes foi fornecido nenhum conteúdo prévio sobre os conceitos de células galvânicas. Neste momento, os alunos recorreram à biblioteca para pesquisar em livros e à sala de informática para buscar mais informações sobre o desafio proposto inicialmente, a fim de organizar suas ideias e desenvolvê-las.

Após apresentação do desafio, foi entregue um Mapa de Empatia - Questionário Inicial (conforme APÊNDICE A) por grupo para descreverem as principais informações do desafio proposto, ou seja, a fase da descoberta. Essa primeira fase consistiu na compreensão do desafio e das informações que cada integrante do grupo teve sobre ele, além de determinar as principais ideias para a elaboração do roteiro.

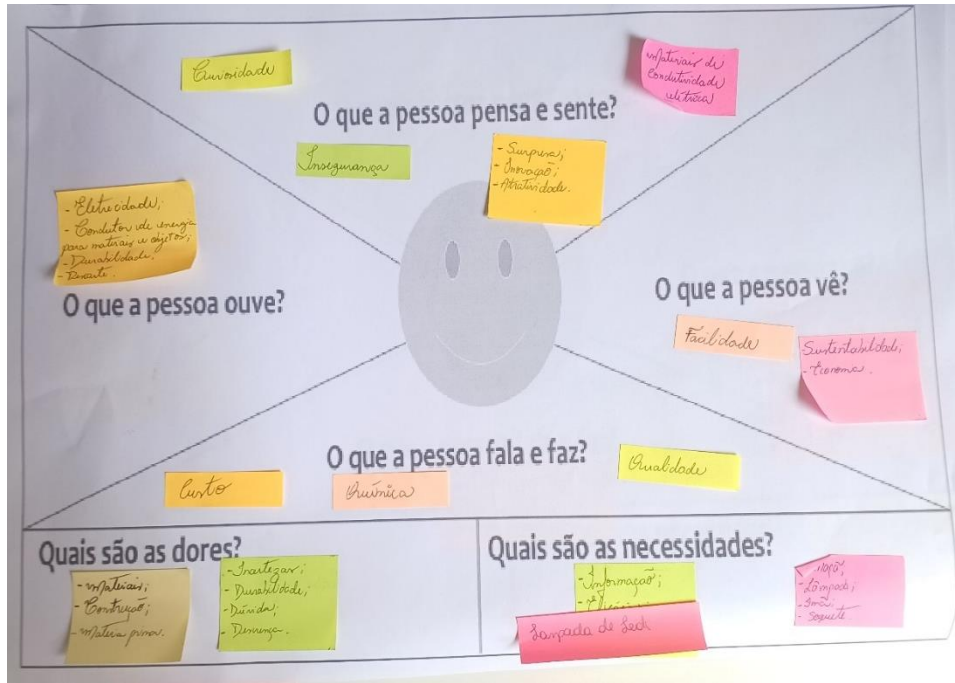
Depois das ideias e análise dos dados na fase de empatia, segundo as orientações encontrada no (D.SCHOOL, 2011) cada grupo elaborou seu “Mapa de Empatia”, como exemplos, foram incluídas as figuras 6, 7, 8 e 9 de alguns dos mapas realizados pelos grupos de estudantes.

Figura 6 - Mapa de Empatia do grupo 1



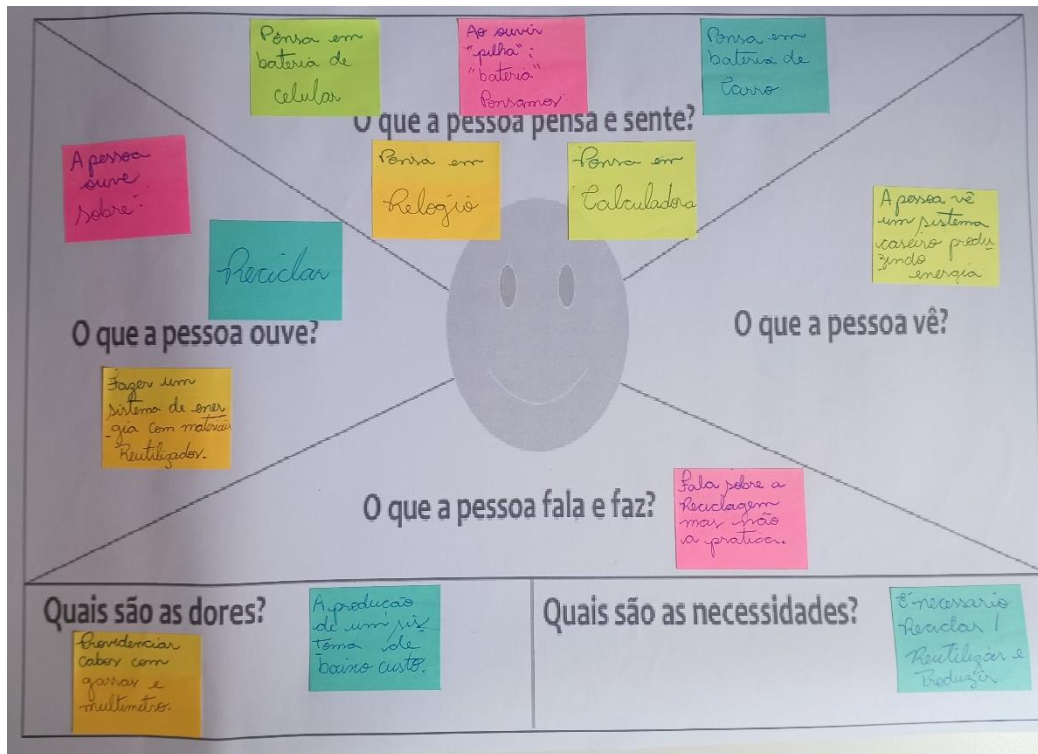
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 7 - Mapa de Empatia do grupo 2



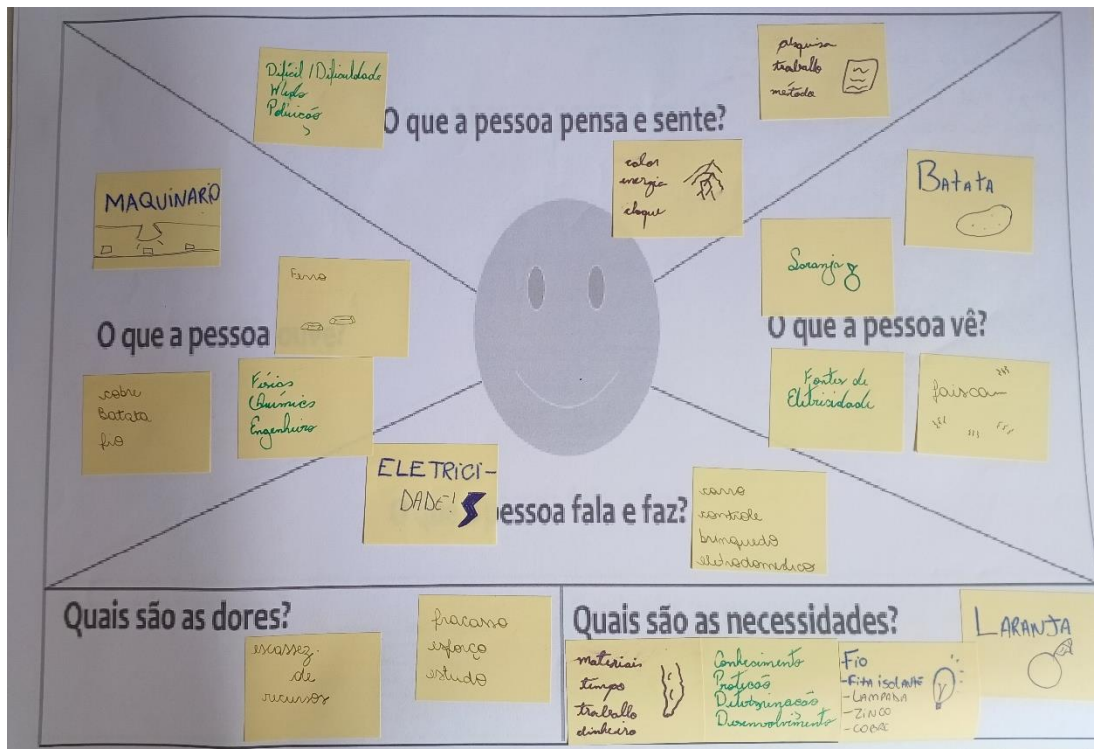
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 8 - Mapa de Empatia do grupo 3



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 9 - Mapa da Empatia do grupo 4



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Pode-se observar por meio das imagens acima, que todos os grupos assumiram responsabilidade ao registrar o esquema, resgatando o máximo de informações relacionadas ao desafio proposto. Nesse momento, as equipes trocaram suas ideias e encontraram as possibilidades de desenvolvê-las. Além disso, foi o momento de deixar registrado as necessidades, barreiras e o que iriam enfrentar a partir dessa ideia proposta.

Cada grupo construiu o seu próprio mapa de empatia. O grupo 1 utilizou textos longos para realizarem os registros, conforme evidenciado na figura 6. Os demais grupos observam-se que foram utilizadas mais palavras curtas e alguns desenhos para os registros.

4.2 Aplicação da Sequência Didática (Fase de Ideação)

Essa fase consiste na passagem entre a identificação da situação-problema e a exploração das possíveis soluções. Iniciou-se no *brainstorming* que foi realizado de modo coletivo para gerar o maior número de ideias, ou seja, todos os alunos participaram da criação de um para a turma toda (Figura 10).

Figura 10 - *Brainstorming* realizado por todos os participantes durante o desafio proposto



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

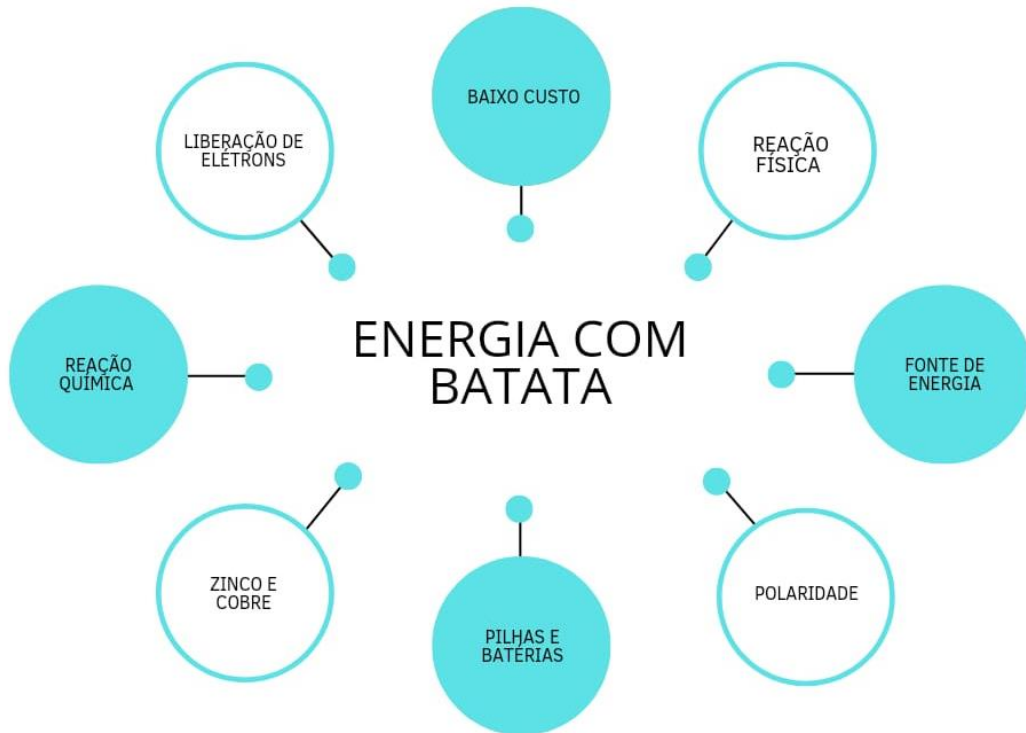
Como pode-se observar o intuito foi obter o maior número de ideias. E a palavra em maior destaque foi “lâmpada” e durante o desenvolvimento os alunos relataram que quando falamos em energia elétrica, a primeira palavra que vem em mente é uma lâmpada. As outras palavras que apareceram, estão relacionadas com o que cada equipe em específico começaram a idealizar nesta etapa. Além disso, conforme as palavras apareciam os integrantes foram interagiram e filtrando melhor as ideias para esboçarem.

Posteriormente, cada grupo foi estimulado a criar o seu próprio *brainstorming* por meio de desenhos para capturarem mais rápido suas ideias. Essa fase contribuiu para que cada grupo de alunos pudessem categorizar, filtrar e selecionar essas ideias geradas e assim, representar as suas. Segundo Kit DT (2014, p.49):

O *brainstorming* encoraja a pensar de forma expansiva e sem amarras. Muitas vezes, as ideias mais ousadas são as que desencadeiam pensamentos visionários. Com uma preparação cuidadosa e um conjunto de regras claras uma sessão de *brainstorming* pode render centenas de ideias novas.

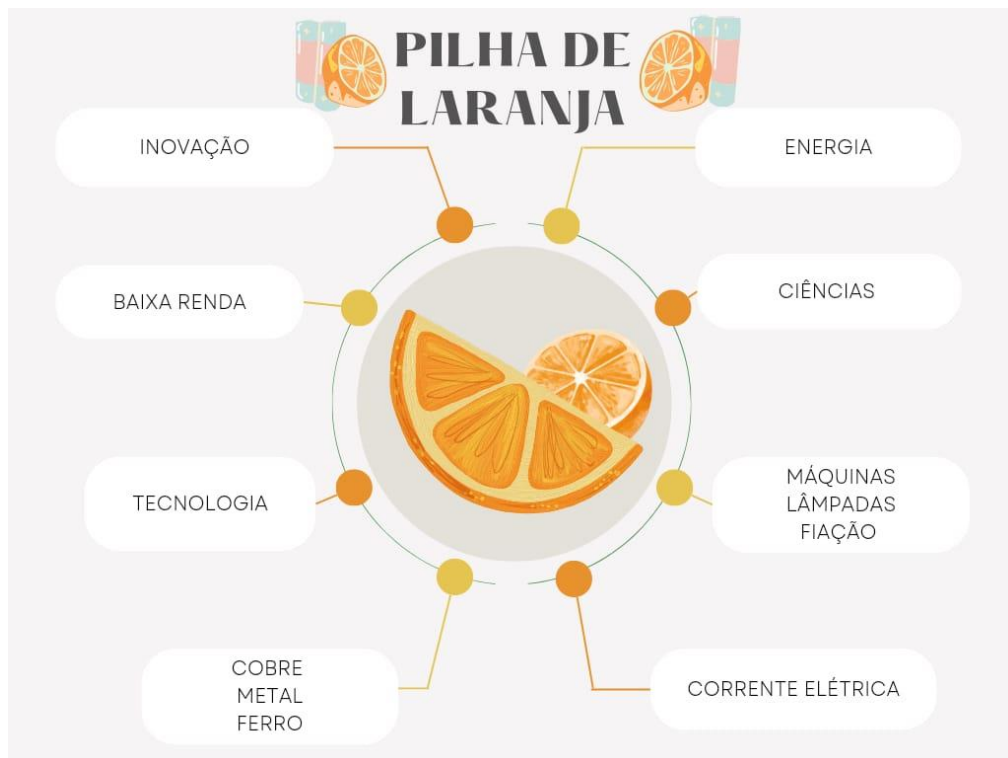
Nas figuras 11, 12 e 13, temos a representação de alguns dos *brainstormings* representados pelos grupos de alunos.

Figura 11 - Brainstorming realizado pelo grupo 1



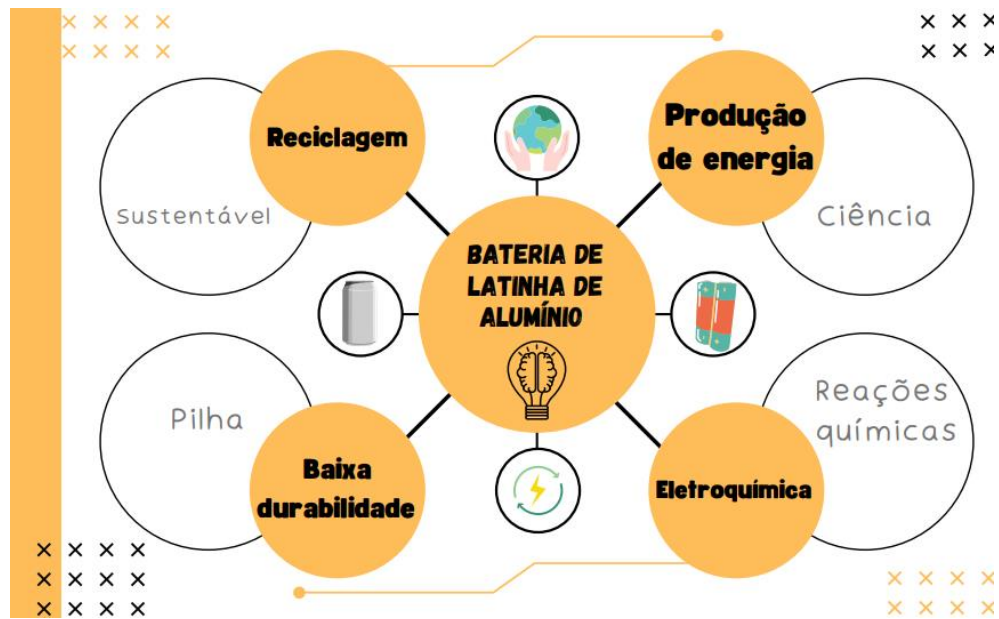
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 12 - Brainstorming realizado pelo grupo 2



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 13 - Brainstorming realizado pelo grupo 3



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

De modo geral, pode-se observar nas figuras acima que os grupos seguiram um padrão de organização das informações no esquema, ou seja, eles constituíram as ideias ao redor de um problema (ligado a células galvânicas) e nessa construção conjunta, os grupos organizaram diversas informações e possibilidades de solução que consideraram relevantes para o desafio.

Durante a ideação, os alunos ficaram livres para explorar todas as ideias possíveis, porém foi pré-definido que cada equipe deveria desenvolver um protótipo diferente dos demais para ter uma maior diversidade de ideias e possibilidades.

Além disso, as equipes empreenderam esforços para desenvolver seu *brainstorming*, realizando pesquisas em livros e na internet para coletar informações. Os temas, como energia com batata, pilha de laranja e bateria de latinha de alumínio, surgiram como resultado das pesquisas realizadas por cada equipe. É relevante notar que na internet estão disponíveis diversos experimentos relacionados ao ensino de eletroquímica, nos quais cada grupo se inspirou e propôs soluções para o desafio inicialmente apresentado.

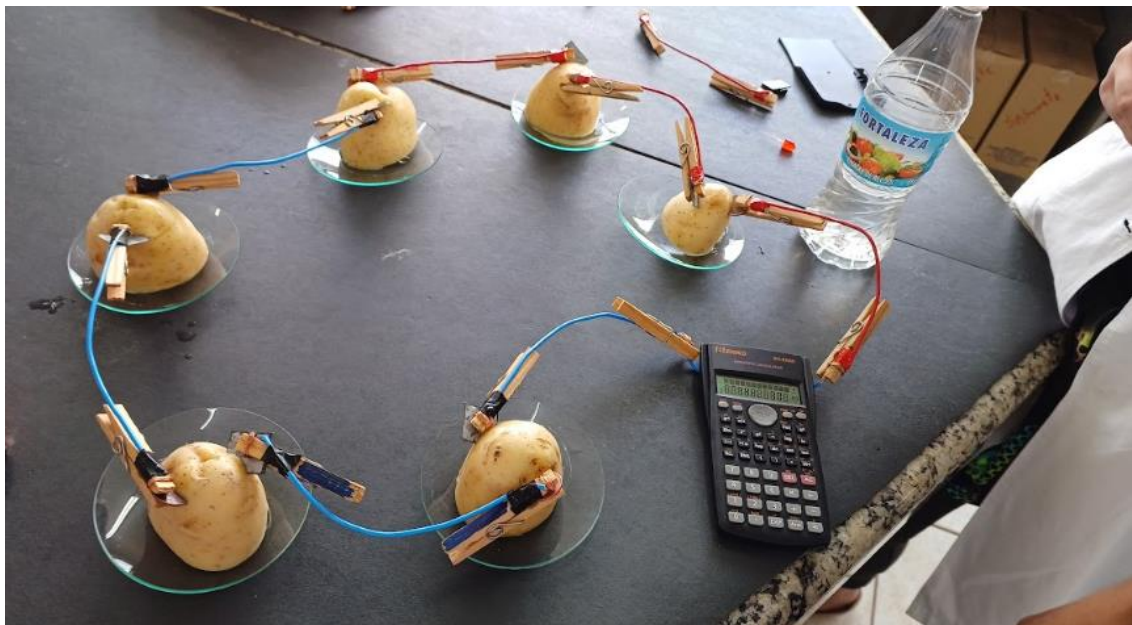
4.3 Aplicação da Sequência Didática (Fases: Experimentação e Evolução)

A fase de experimentação consiste nos testes dos protótipos idealizados para solucionar o desafio proposto. Durante esta fase, foi realizado o feedback, cuja

finalidade é analisar e evoluir o protótipo para atender as necessidades. Sendo assim, a fase de evolução é o momento de analisar o que funcionou e o que precisa melhorar e aperfeiçoar o protótipo.

Essas fases foram realizadas por cada grupo de alunos e cada equipe montou o seu próprio *feedback* (APÊNDICE B). As figuras 14, 15, e 16, demonstram as equipes realizando as fases de experimentação e evolução dos protótipos. Vale ressaltar que nesta fase cada equipe havia idealizado seu protótipo inicialmente e nessa fase colocaram em prática.

Figura 14 - Protótipo realizado pelo grupo 1



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como pode-se observar na figura 14, o grupo 1 desenvolveu um protótipo utilizando batata, vinagre, moedas, prendedores, fio de cobre, fita adesiva, chapas de calhas e uma calculadora científica para verificar a geração de energia elétrica. Durante a fase de experimentação, a equipe observou por meio do feedback que não estava gerando energia elétrica suficiente para ligar a calculadora. Partindo disso, eles começaram a pensar o que estava acontecendo por não ligar. Sendo assim, eles pesquisaram, chegando à conclusão de que os fios de cobre que estão ligados à batata servem de condutores para a corrente elétrica gerada a partir da oxidação e redução que ocorrem nos eletrodos de cobre e zinco. A batata irá funcionar como ponte salina, permitindo com que os íons transitem de uma placa a outra.

Desta forma, eles adicionaram o vinagre em cima da moeda (cobre) e do pedaço de calha (zinco), além de aumentar o número de batatas e testaram novamente, verificando que a calculadora ligou e com auxílio de um multímetro verificaram que a ddp gerada com série de batatas foi de 23,8 Volts.

O grupo 2, conforme a figura 15 desenvolveu um protótipo com laranja, placas de cobre e zinco, led e multímetro. No início, a equipe estava com dificuldades para encontrarem o lado positivo e negativo do led para conseguir ascender e quando colocavam o multímetro não estava gerando corrente elétrica. Após, o *feedback* eles perceberam que deveriam passar uma palha de aço nas placas de cobre e zinco para limpar e com isso, a ddp da pilha gerada por eles foi de 1,1 V e ao identificarem o lado positivo e negativo do led, ele ascendeu.

Figura 15 - Protótipo realizado pelo grupo 2



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na figura 16, está o protótipo realizado pelo grupo 3. Os alunos escolheram latas de alumínio, fio de cobre, sal, água e papel toalha para gerar energia elétrica. A bateria gerada com a quantidade de cinco latas de alumínio foi de 2,35 Volts, ou seja, uma quantidade equivalente aproximadamente duas pilhas comuns que utilizamos.

Figura 16 - Protótipo realizado pelo grupo 3



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante essas fases é nítido como os *feedbacks* são de suma importância para verificar o que precisa ser melhorado. E os protótipos permitem que a “ideia saia do papel e ganhe vida”, permitindo aprender com os erros e buscar por soluções para aperfeiçoar e deixar tudo funcionando como o planejado. De acordo com Kit DT (2014, p. 57):

A experimentação dá vida às suas ideias. Construir protótipos significa tornar as ideias tangíveis, aprender enquanto as constrói e dividi-las com outras pessoas. Mesmo com protótipos iniciais e rústicos você consegue uma resposta direta e aprende como melhorar e refinar uma ideia.

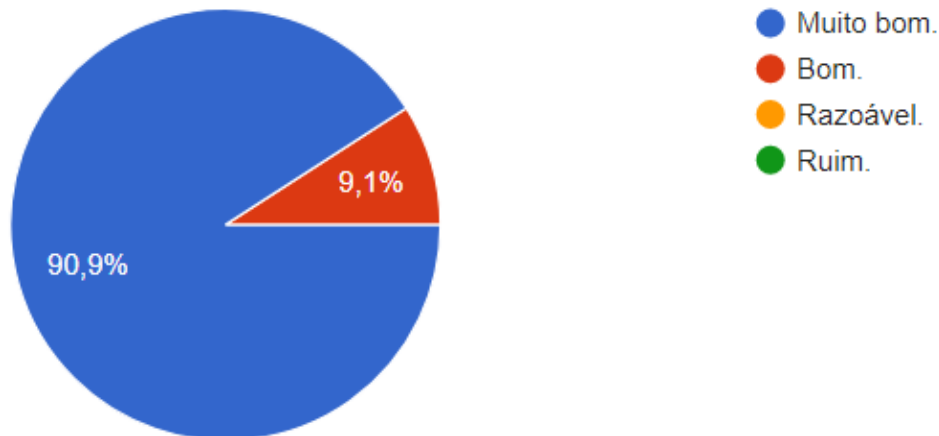
Nestas fases, pode-se notar que os grupos atingiram o desafio proposto inicialmente que era de criar uma pilha utilizando materiais de baixo custo e fácil aquisição. Além disso, gerar um sistema capaz de produzir energia elétrica de baixo custo. Todas as equipes utilizaram materiais recicláveis e que encontramos em supermercados.

4.4 Aplicação do Pós-Questionário

Com relação ao pós-questionário (Anexo C), a primeira pergunta (No geral, como você avalia a atividade envolvendo a metodologia do *Design Thinking*?) buscou analisar a motivação dos alunos em utilizar uma metodologia desconhecida por eles

para aprender os conceitos de eletroquímica. O gráfico 1 mostra o resultado obtido para a primeira questão do pós-questionário:

Gráfico 1 - Resultado da questão 1 respondida pelos alunos.



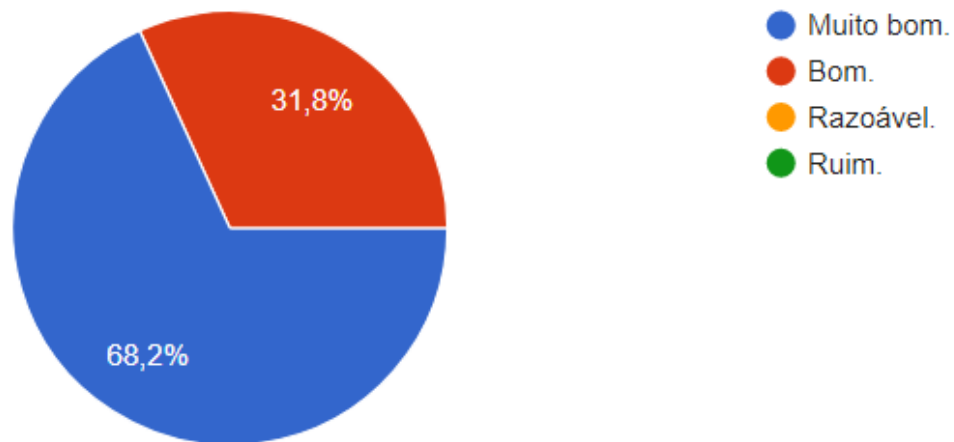
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Analisando os resultados apresentados no gráfico 1 observa-se que a maior parte dos alunos (90,9%) se sentiram motivados em aprender o conteúdo de eletroquímica por meio da metodologia do *Design Thinking*. Este fato pode ser atribuído por se tratar de uma metodologia nova e nunca utilizada durante as aulas, deixando-os curiosos em aprender algo novo. No trabalho de Souza, et al. (2014), ele descreve que:

A partir de uma maior interação do aluno no processo de construção do próprio conhecimento, que, conforme explicitado anteriormente, é a principal característica de uma abordagem por metodologias ativas de ensino, o aprendiz passa a ter mais controle e participação efetiva na sala de aula, já que exige dele ações e construções mentais variadas, tais como: leitura, pesquisa, comparação, observação, imaginação, obtenção e organização dos dados, elaboração e confirmação de hipóteses, classificação, interpretação, crítica, busca de suposições, construção de sínteses e aplicação de fatos e princípios a novas situações, planejamento de projetos e pesquisas, análise e tomadas de decisões.

Na questão 2 (Como você avalia o seu desempenho com relação às interações (fases)), buscou identificar se os alunos conseguiam desenvolver as fases com confiança. O gráfico 2 mostra o resultado obtido.

Gráfico 2 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 2 contidas no ANEXO C



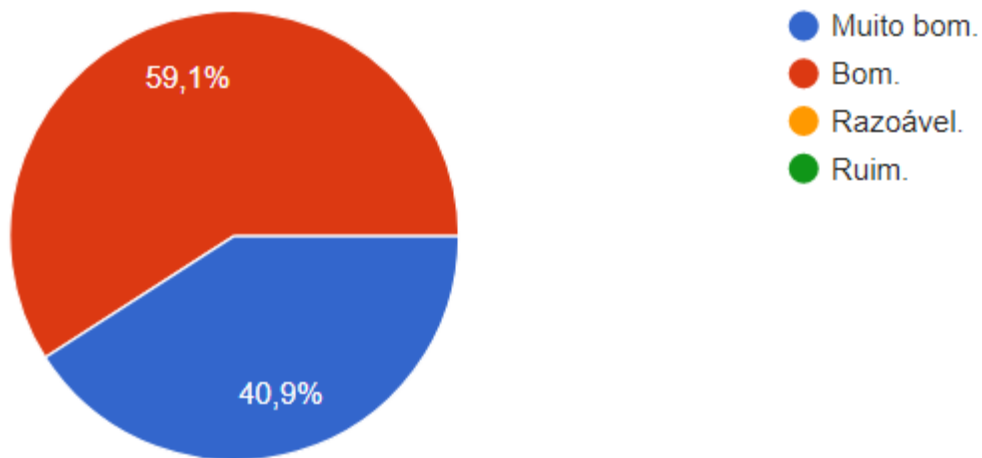
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se no gráfico que 68,2% dos alunos se sentiram confiantes em desenvolver as fases do DT proposta durante a sequência didática. Vale ressaltar que as atividades utilizadas na metodologia são diferentes do cotidiano dos alunos. Este fato pode ser atribuído por se tratar de uma metodologia nova e nunca utilizada durante as aulas, pois a escola preza o ensino técnico profissionalizante utilizando-se das aulas expositivas e com os procedimentos definidos. Além disso, outro fator relevante é que os educandos não tiveram aulas teóricas sobre os conceitos de eletroquímica em nenhum momento, ou seja, eles foram atrás das informações por meio de pesquisas realizadas em livros didáticos na biblioteca e na sala de informática para desenvolver o que foi proposto.

No trabalho de FREIRE (2011), o autor aponta que o educando deve ser protagonista do seu processo de ensino-aprendizagem. Além disso, “a ampliação e a diversificação das fontes legítimas de saberes e a necessária coerência entre o saber-fazer é o saber-ser-pedagógicos”.

Para a terceira questão (Como você avalia a obtenção e a análise da situação-problema (em relação à sua facilidade)?), buscou-se avaliar se houve entendimento dos alunos sobre o desafio proposto, o gráfico 3 abaixo apresenta o resultado obtido:

Gráfico 3 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 3 contidas no ANEXO C

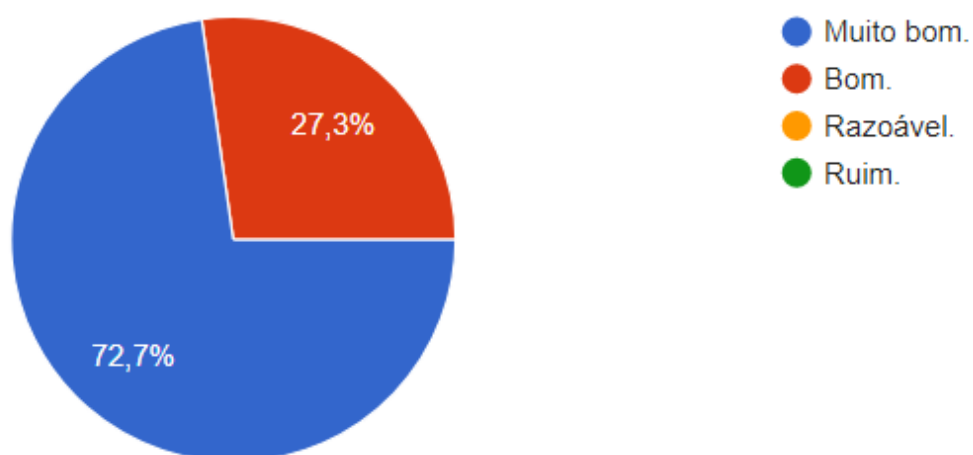


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os dados apresentados indicam que houve entendimento sobre o desafio proposto. Em contrapartida durante a entrevista os alunos relataram que no começo foi muito difícil compreender o desafio por eles não terem realizado nada parecido e muito menos ter trabalhado com os conceitos de eletroquímica anteriormente. Desta forma, foi um grande desafio no início, mas durante o desenvolvimento eles foram auxiliados de como proceder com as fases do DT para chegarem no objetivo final proposto para a pesquisa.

No gráfico 4, encontra-se os resultados obtidos da questão 4 (Como você avalia a utilidade das etapas disponibilizadas pela professora?).

Gráfico 4 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 4 contidas no ANEXO C

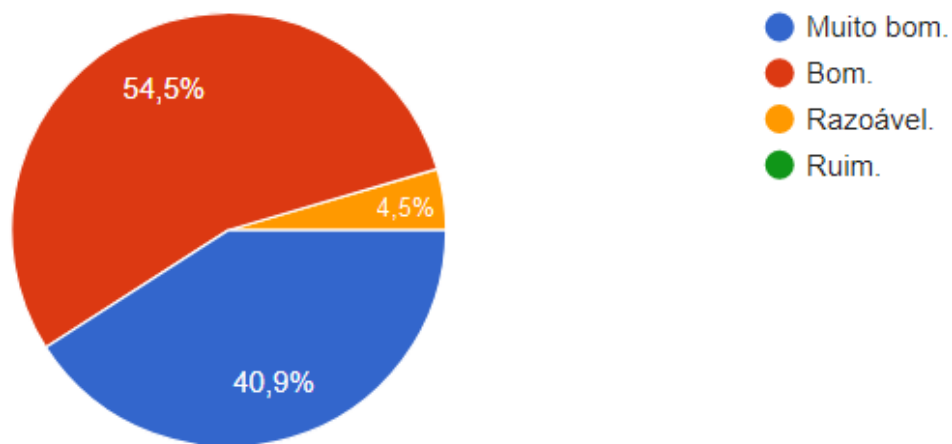


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como pode-se observar, 72,7% acharam muito bom e 27,3% acharam boas as etapas disponibilizadas. O resultado revela que os alunos compreenderam as etapas disponibilizadas durante a pesquisa.

A questão 5 (Como você avalia os materiais de baixo custo e fácil aquisição utilizados na montagem dos protótipos?), procurou diagnosticar a relevância dos materiais disponibilizados para o desenvolvimento dos protótipos e suas dificuldades durante as escolhas desses materiais de baixo custo e fácil aquisição para a montagem. O gráfico 5 demonstra o resultado obtido:

Gráfico 5 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 5 contidas no ANEXO C

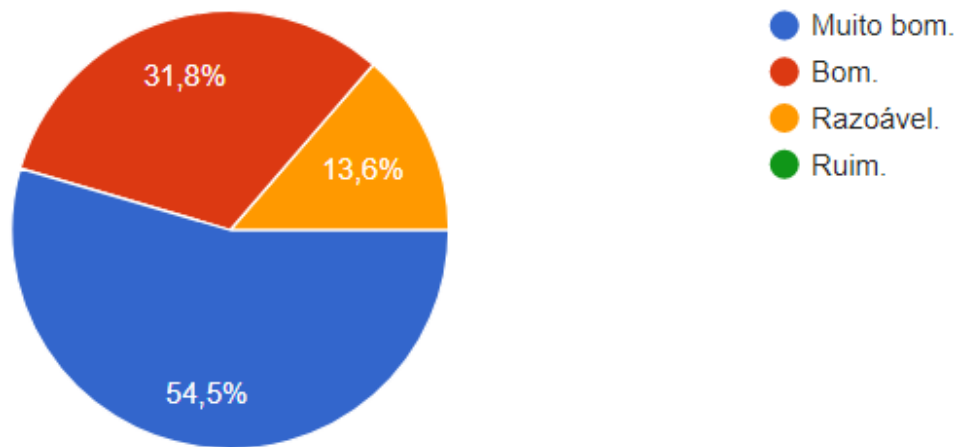


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nota-se por meio do gráfico que 40,9% acharam muito bom, 54,5% bom e 4,5% razoável. Esse fato deve-se porque no início alguns alunos não estavam compreendendo o que seriam esses materiais, além de ficarem pensando em materiais muito elaborados para o desenvolvimento dos protótipos. Vale ressaltar que durante o desenvolvimento dos protótipos os alunos fizeram uma lista dos materiais e a pesquisadora que providenciou o que foi preciso para eles desenvolverem e testarem os protótipos.

Na questão 6 (Como você avalia a sua compreensão em relação ao conteúdo de eletroquímica abordado durante as fases do *Design Thinking*?), buscou-se identificar se os alunos conseguiram compreender os conteúdos de eletroquímica abordados durante as fases desenvolvidas.

Gráfico 6 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 6 contidas no ANEXO C

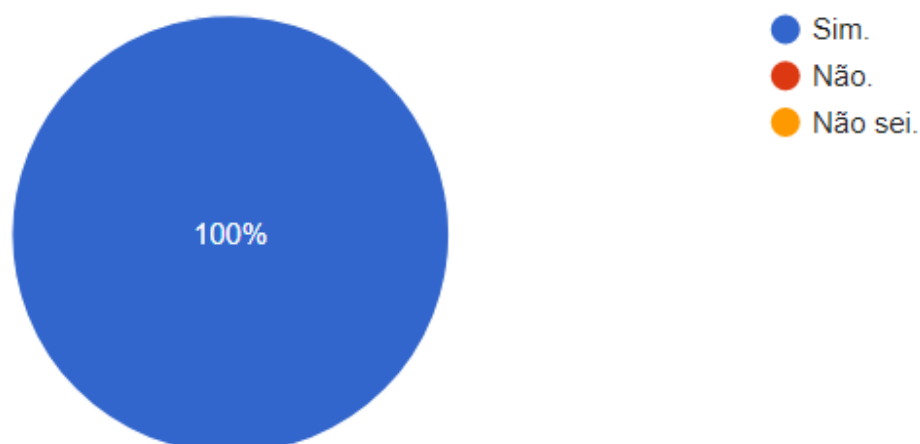


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme ilustrado no gráfico 6, é notório que alguns alunos apresentaram dificuldades para compreender os conteúdos durante as fases desenvolvidas, uma vez que eles ainda não haviam estudado. É importante ressaltar que a metodologia utilizada foi diferente das atividades do cotidiano dos alunos, utilizando uma situação-problema (desafio) inicial e posteriormente, todas as fases do DT.

A questão 7 (Você se sentiu confiante durante a realização das fases do *Design Thinking?*), buscou-se analisar se houve conforto durante a realização das fases.

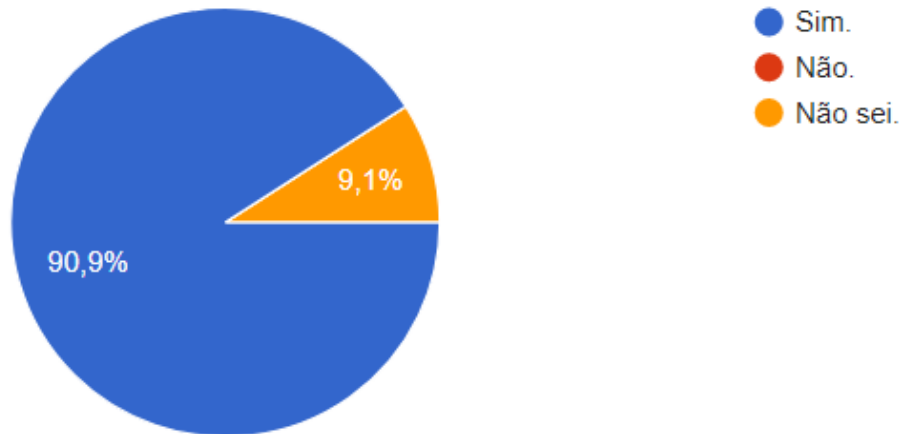
Gráfico 7 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 7 contidas no ANEXO C



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os dados apresentados indicam que sim, houve confiança por parte dos alunos durante a aplicação das fases. Na questão 8 (As atividades te motivaram?), procurou diagnosticar a relevância de utilizar métodos diversificados como sequência didática. O gráfico 8 mostra o resultado obtido para as respostas referente à oitava questão:

Gráfico 8 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 8 contidas no ANEXO C

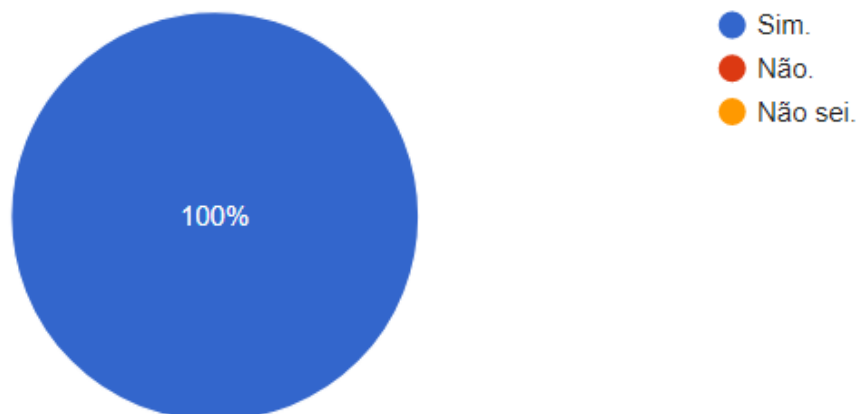


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O resultado demonstra que as atividades desenvolvidas motivaram 90,9% dos alunos, pois eles se sentiram motivados em desenvolver uma metodologia não utilizada antes por eles e serem o protagonista do ensino-aprendizagem,

O gráfico 9 apresenta o resultado obtido para as respostas referente à questão 9 (Você acha que utilizar metodologias ativas no ensino de química torna as aulas mais inovadoras e criativas?).

Gráfico 9 - Respostas dadas pelos alunos referentes a questão 9 contidas no ANEXO C



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os dados mostram que 100% dos alunos julgaram ser mais inovador e criativo aprender química por meio das metodologias ativas, mas especificamente das fases do *Design Thinking*.

Segundo Freire (2002):

As crianças precisam crescer no exercício desta capacidade de pensar, de indagar-se e de indagar, de duvidar, de experimentar hipóteses de ação, de programar e de não apenas seguir programas a elas, mais do que propostos, impostos. As crianças precisam ter assegurado o direito de aprender e decidir, o que se faz decidindo. Se as liberdades não se constituem entregues si mesmas, mas na assunção ética de necessários limites, a assunção ética esses limites não se faz sem riscos a serem corrigidos por elas e pela autoridade ou autoridades com que dialeticamente se relacionam.

Para concluir, o quadro 2 mostra as respostas discursivas dadas pelas equipes de alunos às perguntas 10 a 13 e foi possível detectar como os alunos avaliaram suas dificuldades, desafios e observações referentes ao que estudo dos conteúdos de eletroquímica. Durante esta atividade, as equipes se reuniram e deliberaram para apresentar uma única resposta à pergunta em discussão. No momento de enviar as respostas, apenas um membro do grupo tinha autorização para fazê-lo, o que resultou em algumas respostas sendo apresentadas no tempo verbal da primeira pessoa do singular.

Quadro 2 - Respostas dadas pelos alunos às perguntas 10 a 13 contidas no ANEXO C

Pergunta	Respostas dadas pelos alunos
10. Você teve algum problema e/ou dificuldade para realizar as atividades propostas?	<p>Grupo A: Sim, a dificuldade que meu grupo teve durante o desenvolvimento da pilha está relacionado à baixa carga que conseguimos chegar com a pilha realizada.</p> <p>Grupo B: Sim. A dificuldade enfrentada pelo meu grupo está relacionada com a baixa carga obtida na confecção da pilha.</p>

	<p>Grupo C: Somente os materiais que não possuíamos, porém, logo após a professora nos disponibilizou.</p> <p>Grupo D: Não tive. Todas as atividades foram muito bem explicadas pela professora.</p> <p>Grupo E: Não.</p>
<p>11. Há alguma observação que gostaria de relatar?</p>	<p>Grupo A: Achei extremamente interessante esse método de ensino, senti que eu aprendi muito mais fácil o conteúdo do que quando aprendemos a parte teórica antes da prática.</p> <p>Grupo B: Não, tudo ocorreu muito bem.</p> <p>Grupo C: Acho que deveria haver um embasamento teórico com conceitos básicos a respeito do assunto antes do procedimento.</p> <p>Grupo D: Somente que é interessante aprender algo durante a sua prática, isso incentiva a curiosidade e a vontade de realmente entender e fazer dar certo.</p> <p>Grupo E: Nenhuma.</p>
<p>12. Cite pelo menos dois problemas e/ou dificuldades que você enfrentou durante o desenvolvimento das fases?</p>	<p>Grupo A: Apenas diferenciar os polos positivo e negativo do multímetro para a realização da pilha, porém alcançamos posteriormente o resultado com êxito.</p> <p>Grupo B: Houve dificuldade em relação a obtenção dos materiais para a confecção da pilha e em relação a organização do grupo.</p> <p>Grupo C: Única dificuldade foi trabalhar em grupo com pessoas com</p>

	<p>personalidade diferentes no grupo, com algumas pessoas com interesses diferentes de outras.</p> <p>Grupo D: Tive dificuldade para encontrar os materiais para o desenvolvimento da pilha, e a falta de organização do próprio grupo.</p> <p>Grupo E: Cortar a latinha e descascar o foi de cobre.</p>
<p>13. Descreva três situações interessantes e/ou motivadoras sobre o <i>Design Thinking</i>.</p>	<p>Grupo A: Desenvolve o interesse do estudante a conhecer novas áreas da química, aflora o interesse para área científica. Quem tem uma aptidão para essa área após a realização do experimento sai ainda mais motivado. Tem um indivíduo no meu grupo que gostava dessa parte de elétrica, mecânica e após a realização dessa prática ele próprio fez uma bateria de 20W sozinho.</p> <p>Grupo B: 1- aprendemos mais sobre o <i>design thinking</i>; 2- acabou deixando as aulas mais interessantes e criativas; 3- nos deixou mais motivados na realização das atividades.</p> <p>Grupo C: A primeira é que esse método acaba incentivando o interesse o que ajuda na produtividade. Segunda é que isso gera uma socialização maior entre as pessoas, o que dentro de um trabalho ou escola é algo muito importante.</p>

	<p>Terceiro é que mesmo em um lugar como a sala de aula, na qual a maioria dos alunos não gostam de fazer atividades, o <i>design thinking</i> acaba por ser uma forma que traz essas atividades de uma forma diferente, acabando com eles fazendo.</p> <p>Grupo D: - Tivemos a oportunidade de conhecer melhor as práticas experimentais no mundo da química voltado ao nosso cotidiano;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Foi possível levantar informações pertinentes; - Gera ainda mais conhecimento de questões recorrentes nas aulas; <p>Grupo E: Trabalho em equipe; introdução a Eletroquímica e aperfeiçoamento de técnicas laboratoriais.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Desta forma, os resultados obtidos no questionário demonstram que alguns alunos durante o desenvolvimento do projeto sentem a dificuldade de serem protagonistas, terem empatia e principalmente, desenvolver sem antes ter estudado, ou seja, estudar primeiro a teoria e depois realizar a prática. Contudo, sabe-se a necessidade de superar o ensino tradicional e inserir as novas metodologias ativas durante o processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Cecílio e Silva (2007, p. 64):

Em uma concepção inovadora de educação, o professor não se resume apenas àquele que ensina, que transmite o conhecimento, mas é aquele que é capaz de se relacionar com uma diversidade de estudantes, de mobilizar seus interesses e motivações e de, com eles, construir oportunidades de aprender e transformar. Isso significa abertura, capacidade de adaptação a experiências diferentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no conteúdo explorado e desenvolvido neste trabalho de pesquisa, conclui-se que a abordagem de aprendizagem baseada no *Design Thinking*, aplicada ao ensino de eletroquímica, mostrou-se altamente efetiva e alcançou resultados excelentes tanto no método didático utilizado quanto no processo de ensino-aprendizagem dos alunos da educação básica envolvidos no estudo.

A fase inicial, que consistiu na explicação das fases do DT, desempenhou um papel fundamental na compreensão da metodologia pelos alunos. Além disso, a formulação clara e objetiva do desafio proposto foi essencial para que os alunos entendessem o objetivo e gerassem o máximo de ideias para a resolução do problema.

As contribuições do DT para o ensino-aprendizagem de células galvânicas, por meio da sequência didática e das atividades propostas de acordo com as fases, revelaram-se de suma importância para fornecer as habilidades necessárias e oferecer novas abordagens na solução de desafios educacionais. Essa abordagem, profundamente humana, estimulou habilidades e competências essenciais para a criação de soluções desejadas, como a capacidade de ser intuitivo, interpretar observações e desenvolver ideias emocionalmente significativas para todos os envolvidos.

No que diz respeito às fases de experimentação e evolução, é possível concluir que as atividades foram realizadas com êxito pelos alunos, tendo um impacto positivo significativo sobre eles. Essas fases despertaram o interesse dos estudantes pelo assunto e, provavelmente, contribuíram para o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, curiosidade e criatividade. Os protótipos desenvolvidos proporcionaram aos alunos a oportunidade de buscar respostas e construir seu próprio conhecimento por meio do feedback recebido. Além disso, permitiram que os alunos aplicassem conceitos teóricos na prática, sendo protagonistas ativos do processo de ensino-aprendizagem.

O *Design Thinking* nos ensina que não podemos resolver problemas utilizando o mesmo padrão de pensamento que os criou. Especialmente diante de desafios complexos e diversificados enfrentados pelos educadores, é essencial buscar novas respostas, perspectivas, ferramentas e abordagens. O DT surge como uma dessas abordagens, ganhando cada vez mais espaço no contexto educacional, e deve ser

amplamente adotado pelos educadores como uma ferramenta facilitadora e motivadora.

As fases do DT possibilitaram o relacionamento dos conteúdos com os interesses e desejos dos alunos envolvidos. Ao combinar pensamentos abstratos e concretos durante a formação, ele estimula a criatividade e a emergência de ideias, mesmo quando um aluno ainda não compreendeu completamente. É importante destacar que as fases são holísticas, ou seja, não possuem uma ordem cronológica. O erro é encarado como parte do processo de evolução e aprendizagem.

Considerando as principais reclamações dos professores em relação à formação pela qual passaram ao longo de suas carreiras, como a falta de troca de experiências, participação passiva e falta de consideração de suas necessidades, é possível atribuir isso à predominância de uma abordagem tradicional de formação, baseada em teorias descontextualizadas e afastadas dos problemas práticos. No contexto atual, os professores necessitam de novas perspectivas, olhares e práticas em relação ao mundo e à educação.

Dessa forma, o presente estudo alcançou seus objetivos ao contribuir para o conhecimento dos alunos sobre o tema da eletroquímica. O produto resultante desse estudo pode ser utilizado como uma ferramenta didática que estimula a reflexão e, assim, auxilia na melhoria e desenvolvimento do ensino sobre o assunto.

Portanto, o conteúdo deste estudo não apenas pode auxiliar na realização de objetivos didáticos, mas também pode ser utilizado como uma sequência didática para apoiar e fundamentar o trabalho dos professores no ensino de células galvânicas. Esses resultados evidenciam a relevância e os benefícios da utilização de abordagens de aprendizagem baseadas nas contribuições das fases do DT no ensino de eletroquímica, contribuindo para uma educação mais envolvente, significativa e eficaz.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; AYMERICH, M. I. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autônoma. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 1, n. 3, 2002.

ALVARES, M. R. Ensino do Design: **A Interdisciplinaridade na Disciplina de Projeto em Design**. Florianópolis: 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2004. p.163.

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

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H.; CRUZ, M. C. P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.39, n.1, p. 52-58, Fev 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160060>> Acesso em: 22 mar 2023.

BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**: Ciências Agrárias. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, Paraná/PR., v. 32, n. 1, p. 25-39, jan/jun. 2011. Universidade Estadual de Londrina.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF. Secretaria da Educação Básica, 2018. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BROWN, T.; WYATT, J. *Design Thinking for Social Innovation*. Stanford Social Innovation Review. California: Leland Stanford Jr. University, 2010.

BROWN, T. **Design Thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BÜCKER, C. **A relação entre a metodologia criativa Design thinking e o desenvolvimento da motivação no Processo de aprendizagem de adultos**. Porto Alegre: 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação (FACED), Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2015.

CAVALCANTI, C. M. C; FILATRO, A. **Design Thinking**: na educação presencial, a distância e corporativa. 1ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

CAVALCANTI, C. M. **Contribuições do Design Thinking para a concepção de interfaces de Ambientes Virtuais de Aprendizagem centradas no ser humano**. 254 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CECÍLIO, S.; SILVA, L. P. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, v. 45. p. 61-80. jun. 2007

DE ANTONI, C., et al. Grupo Focal: Método qualitativo de pesquisa com adolescentes em situação de risco. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 2, p. 38-53, 2001.

D.SCHOOL. **Bootcamp Bootleg**. Hasso Plattner, Institute of Design at Stanford, Palo Alto, p. 1-44, 2011.

DT para Educadores. Design Thinking para Educadores. Disponível em: < <https://educadigital.org.br/dteducadores/>> Acesso em: 25 jan. 2023.

FELTRE, R. **Química**. Vol. 2. – 7ª ed. – São Paulo: Moderna, 2008.

FIELL, C; FIELL P. **Design Handbook**: concepts, materials, styles. Italy: Taschen, 2006.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa**. 43 ed., São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GIRGINA, D. A Sustainable Learning Approach: Design Thinking in Teacher Education. **International Journal of Curriculum and Instruction**, v. 13, p. 359–382, 2021.

GONÇALVES, R et al. (Org). Educação e sociedade: perspectivas educacionais no século XXI. Santa Maria: UNIFRA, 2006.

HASSI, L. F; LAAKSO, M. Conceptions of Design Thinking in the design and management discourses. In: **Anais of 4th World Conference on Design Research**, IASDR 2011, Delft, Netherlands, 2011.

IDEO. **HCD – Human Centered Design**: kit de ferramentas. Palo Alto: Ideo, 2009. P. 102. Disponível em: < <https://www.ideo.com/post/design-kit>>. cesso em: 10 Jan. 2021.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas 1991.

LUCA, et. al. Approaching Design Thinking Online: Critical Reflections in Higher Education. **Issues in Educational Research**, v.31, n.4, p. 1351-1366, 2021.

MACHADO, A., et. al. **Revisão sistemática: Intersecções entre design thinking e equipe multidisciplinar no processo ensino aprendizagem**. Projética: Londrina, v.10, n.1 p. 95-104, 2019.

MANOJ, G, et. al. Design Thinking in Pharmacy Education: The Future of Classroom Preparation. **New Directions for Teaching and Learning**, n. 162, p. 113-121, 2020.

MELLO, D. de. **Contribuições do *Design Thinking* para a educação: um estudo em escolas privadas de Porto Alegre/RS**. Porto Alegre: 2014. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós- Graduação em Design, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (BRASIL). Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf>. Acesso em: 05 jan 2023.

MITRE, S.M; et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciênc. saúde coletiva.**, v.13, suppl.2, p.2133-2144, 2008.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

NEVES, V. J; MERCANTE, L. B.; LIMA, M. T. **Metodologias ativas: perspectivas teóricas e práticas no ensino superior**. Campinas, SP: Pontes Editores, 2018.

NIAZ, M. Facilitating conceptual change in students' understanding of electrochemistry. **International Journal of Science Education**, v.24, n.4, p.425-39, 2002.

NITZSCHE, R. **Afinal, o que é *Design Thinking*?**. São Paulo: Rosari, 2011.

OLEH, S.; KATZ, E. Electroanalytical instrumentation – how it all started: history of electrochemical instrumentation, **Journal of Solid State Electrochemistry**, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10008-023-05375-3>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

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

ÖZKAYA, A. L. Conceptual Difficulties Experienced by Prospective Teachers in Electrochemistry: HalfCell Potential, Cell Potential, and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells. **Journal of Chemical Education**, v.79, n.6, p.735-738, 2002.

PILETTI, Claudino. **Didática Geral**. 7 ed. Campinas SP: Ática, 1986.

SANJUAN, M. E. C. et al. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 190-197, ago. 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/07-RSA-2008.pdf>. Acesso em: 22 mar 2022.

SANTOS, T. N. P et al. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 258-266, nov. 2018. Disponível em: <

http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/06-RSA-34-17.pdf>. Acesso em: 22 mar 2022.

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

SCHÖN, D. A. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. London: Basic Books Inc., 1983.

SIMON, H. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press, 1969.

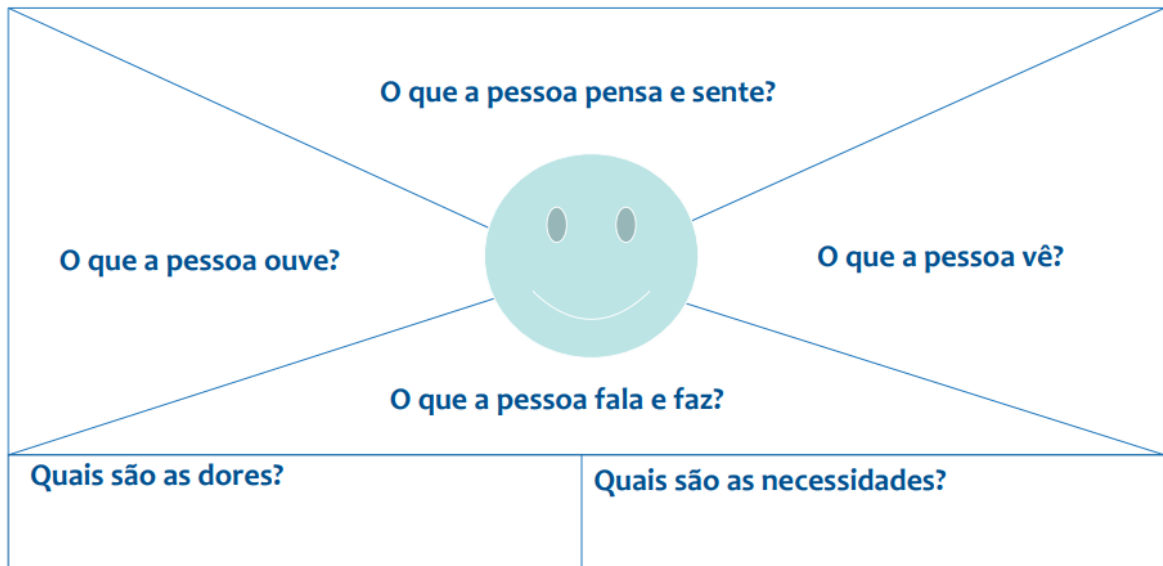
SKOOG, D. A et al. Crouch, *Fundamentos de Química Analítica*, 8ª edição, Thompson, 2006.

TAILLE, I. **O erro na perspectiva piagetiana**. In: AQUINO, Júlio G. *Erro e fracasso na escola*. São Paulo: Summus, 1997.

ZANONI, M. et al. Panorama da Eletroquímica e Eletroanalítica no Brasil. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 663-669, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170072>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Mapa de Empatia (Questionário Inicial)



Fonte: Material do guia didático do *Design Thinking*.
Disponível em: < <https://educapes.capes.gov.br>>. Acesso em: 5 Jan 2021.

APÊNDICE B – Grade de Captura de *feedback* (Questionário Final)

+ O que funcionou	Δ O que pode ser aperfeiçoado
? Questões	✓ Ideias

Fonte: CAVALCANTTI (2015). Adaptado de *D.SCHOOL* (2011)

APÊNDICE C – Questionário de avaliação das fases do *Design Thinking*

Link do formulário do Google Forms:
<https://docs.google.com/forms/d/1ktS7ac0vs0quYy5AB1SHk2QCHqjyL2iwA4J8NclShjU/edit>

1. No geral, como você avalia a atividade envolvendo a metodologia do *Design Thinking* ?

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

2. Como você avalia o seu desempenho com relação às interações?

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

3. Como você avalia a obtenção e a análise dos dados (em relação à sua facilidade)?

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

4. Como você avalia a utilidade das fases disponibilizadas pela professora.

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

5. Como você avalia os materiais de baixo custo e fácil aquisição utilizados na montagem dos protótipos?

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

6. Como você avalia a sua compreensão em relação ao conteúdo de eletroquímica abordado durante as fases do *Design Thinking*?

Muito bom. Bom. Razoável. Ruim.

7. Você se sentiu confiante depois de realizar o mapa de empatia?

Sim. Não. Não sei.

8. As atividades te motivaram?

Sim. Não. Não sei.

9. Você acha que utilizar metodologias ativas no ensino de química torna as aulas mais inovadoras e criativas?

() Sim. () Não. () Não sei.

10. Você teve algum problema e/ou dificuldade para realizar as atividades propostas?

11. Há alguma observação que gostaria de relatar?

12. Cite pelo menos dois problemas e/ou dificuldades que você enfrentou durante o desenvolvimento das fases?

13. Descreva três situações interessantes e/ou motivadoras sobre o *Design Thinking*.

ANEXOS

ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: ***Design Thinking*: uma proposta para o ensino de eletroquímica.**

Convidamos você a participar da pesquisa, cujo objetivo é identificar e avaliar as contribuições do *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de células galvânicas, proporcionando aos alunos do ensino médio o envolvimento com conceitos relacionados à eletroquímica importantes para promover a inovação na resolução de problemas complexos, tendo o aluno no centro do desenvolvimento do projeto de maneira empática. Sua participação é importante, pois as atividades são ótimas para envolver os alunos no seu processo de aprendizagem, despertando o seu interesse e proporcionando uma aprendizagem mais significativa.

Um dos objetivos desse projeto de pesquisa é promover o pensamento criativo, a autonomia e a livre iniciativa dos alunos, na ETEC José Carlos Seno Júnior, de forma presencial, com tempo estimado de 8 a 10 aulas de 50 minutos, no período de agosto/2022 a dezembro/2022.

Caso você aceite participar desta pesquisa, será necessário responder 3 questionários, realizar 1 protótipo e 1 teste (experimento) envolvendo os conceitos de eletroquímica. Dos 3 questionários, 1 será aplicado na primeira aula e os outros 2 na finalização das atividades. Com isso, a pesquisadora irá conseguir avaliar a eficiência da proposta didática no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Os nomes dos participantes serão mantidos em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejarem terão esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queiram saber antes, durante e depois da sua participação. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados.

Durante a realização da pesquisa, a pesquisadora tirará algumas fotos dos participantes e a sua imagem só será utilizada se você autorizar, assinalando “Concordo” no local especificado do assentimento, na página final deste documento.

Caso você não queira que sua imagem seja utilizada, assinale a opção “Não concordo”.

Os riscos desta pesquisa são mínimos, e os pesquisadores irão se atentar a qualquer manifestação dos participantes ao longo do estudo, preocupando-se com a identificação de sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não previstos como risco possam ser deflagrados pelos participantes, tomando as medidas adequadas. As medidas serão por meio de conversa, acolhimento e ênfase em caso de desistência ao longo da aplicação do projeto.

Espera-se que sua participação na pesquisa resulte na contribuição com o ensino de conceitos de eletroquímica, utilizando a estratégia didática baseada nas fases do *Design Thinking*, além de outras ferramentas que podem facilitar o ensino desses conceitos, como por exemplo, experimentos ou simulação por computador. Você poderá obter quaisquer informações relacionadas a sua participação nesta pesquisa, a qualquer momento que desejar, por meio da pesquisadora do estudo.

Para eventuais dúvidas sobre questões éticas do projeto, segue os dados do CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. Localizado na Avenida Bandeirantes, 3900 - Bloco 01 –Prédio da Administração – sala 07. CEP: 14040-901 - Ribeirão Preto/SP – Brasil. Fone: (16) 3315-4811 – Atendimento de 2^a a 6^a das 13h30 às 17h30. E-mail: coetp@listas.ffclrp.usp.br

Sua participação é voluntária, e em decorrência dela você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você não terá nenhum gasto por participar nesse estudo, pois qualquer gasto que você tenha por causa dessa pesquisa lhe será ressarcido. Você poderá não participar do estudo, ou se retirar a qualquer momento, sem que haja qualquer constrangimento junto a pesquisadora, ou prejuízo quanto ao desenvolvimento do projeto, bastando você dizer ao pesquisador que lhe entregou este documento. Você não será identificado neste estudo, pois a sua identidade será de conhecimento apenas dos pesquisadores da pesquisa, sendo garantido o seu sigilo e privacidade. Você tem direito a requerer indenização diante de eventuais danos que você sofra em decorrência dessa pesquisa.

Rubrica do participante	Data	Rubrica do pesquisador	Data

Este documento deverá ser emitido em duas vias, uma para o participante e outra para o pesquisador.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: *Design Thinking*: uma proposta para o ensino de eletroquímica

Convidamos o aluno sob sua responsabilidade a participar da pesquisa, cujo objetivo é identificar e avaliar as contribuições do *Design Thinking* para o ensino-aprendizagem de células galvânicas, proporcionando aos alunos do ensino médio o envolvimento com conceitos relacionados à eletroquímica importantes para promover a inovação na resolução de problemas complexos, tendo o aluno no centro do desenvolvimento do projeto de maneira empática. A participação é importante, pois as atividades são ótimas para envolver os alunos no seu processo de aprendizagem, despertando o seu interesse e proporcionando uma aprendizagem mais significativa. As fases do *Design Thinking* proporcionarão a resolução de problemas complexos de forma inovadora, tendo o ser humano no centro das soluções. Um dos objetivos desse projeto de pesquisa é promover o pensamento criativo, a autonomia e a livre iniciativa dos alunos, na ETEC José Carlos Seno Júnior, de forma presencial, com tempo estimado de 8 a 10 aulas de 50 minutos, no período de agosto/2022 a dezembro/2022.

Caso você autorize seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) participar desta pesquisa, será necessário responder 2 questionários, realizar 1 protótipo e 1 teste (experimento) envolvendo os conceitos de eletroquímica. Dos 3 questionários, 1 será aplicado na primeira aula e os outros 2 na finalização das atividades. Com isso, a pesquisadora irá conseguir avaliar a eficiência da proposta didática no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

O nome do seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) será mantido em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejarem terão esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queiram saber antes, durante e depois da participação dele. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados.

Durante a realização da pesquisa, a pesquisadora tirará algumas fotos dos participantes e a imagem só será utilizada se você responsável legal autorizar, assinalando "Concordo" no local especificado do consentimento, na página final deste

documento. Caso você não queira que a imagem do seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) seja utilizada, assinale a opção “Não concordo”.

Os riscos desta pesquisa são mínimos, e os pesquisadores irá se atentar a qualquer manifestação do seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) ao longo do estudo, preocupando-se com a identificação de sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não previstos como risco possam ser deflagrados pelos participantes, tomando as medidas adequadas.

Espera-se que a participação do seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) na pesquisa resulte na contribuição com o ensino de conceitos de eletroquímica, utilizando a estratégia didática baseada nas fases do *Design Thinking*, além de outras ferramentas que podem facilitar o ensino desses conceitos, como por exemplo, experimentos ou simulação por computador. Você e seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) poderá obter quaisquer informações relacionadas a participação nesta pesquisa, a qualquer momento que desejar, por meio da pesquisadora do estudo.

A participação é voluntária, e em decorrência dela você e seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) não receberão qualquer valor em dinheiro. Além disso, não terá nenhum gasto por autorizar a participação do seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) nesse estudo, pois qualquer gasto que você tenha por causa dessa pesquisa lhe será ressarcido. A qualquer momento seu filho(a) poderá se retirar, sem que haja qualquer constrangimento junto a pesquisadora, ou prejuízo quanto ao desenvolvimento do projeto, bastando você responsável legal comunicar ao pesquisador que lhe entregou este documento. O participante não será identificado neste estudo, pois a sua identidade será de conhecimento apenas dos pesquisadores da pesquisa, sendo garantido o seu sigilo e privacidade.

Para eventuais dúvidas sobre questões éticas do projeto, segue os dados do CEP - Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. Localizado na Avenida Bandeirantes, 3900 - Bloco 01 –Prédio da Administração – sala 07. CEP: 14040-901 - Ribeirão Preto/SP – Brasil. Fone: (16) 3315-4811 – Atendimento de 2^a a 6^a das 13h30 às 17h30. E-mail: coetp@listas.ffclrp.usp.br

Contatos dos pesquisadores:

Pesquisador(es):

Nome: Isabela Rocha de Macedo

e-mail: isabelarocha@usp.br

Telefone: (17) 98802-6228

Endereço: Rua: Salomão Izar, 123 – Jardim Paraíso, Catanduva/SP, 15810-140.

Formação/Ocupação: Licenciada em Química/ Professora contrato em ETEC-
Unidade José Carlos Seno Júnior.

Nome: Márcia Andreia Mesquita Silva da Veiga

E-mail: marcia.veiga@usp.br

Formação/Ocupação: Graduada/Mestre/Doutora/Pós-Doutora em
Química/Professora Titular da USP, na área de Química.

Diante das explicações, se você concorda que seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) participe deste projeto, forneça os dados solicitados e coloque sua assinatura a seguir.

Participante

Nome: _____

Responsável(is)

Nome: _____

Telefone: _____

_____, _____ de _____ de 2022

() Concordo com a utilização das imagens feitas dos alunos durante a pesquisa

() Não concordo com a utilização das imagens feitas dos alunos durante a pesquisa

Assinatura - Responsável legal

Assinatura - Pesquisador(a) responsável

Rubrica do participante	Data	Rubrica do pesquisador	Data

Este documento deverá ser emitido em duas vias, uma para o participante e outra para o pesquisador.

