

**EXPLICANDO A ELETROQUÍMICA COM EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO:
UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR**

*EXPLAINING ELECTROCHEMISTRY WITH LOW-COST EXPERIMENTS: AN
INTERDISCIPLINARY PROPOSAL*

Denilson Vieira Vilar¹, dv.vilar@discente.ufma.br

Thiago Targino Gurgel¹, tt.gurgel@ufma.br

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Curso de Ciências Naturais Química, Centro de Ciências de São Bernardo – MA

<https://portalpadrao.ufma.br/saobernardo>

RESUMO

Este artigo propõe uma abordagem inovadora para ensinar eletroquímica, utilizando experimentos de baixo custo e uma perspectiva interdisciplinar. A proposta busca tornar o estudo mais acessível e interessante, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios e aplicações dessa área. A integração de conceitos de física e química visa estimular o pensamento crítico, em quanto a realização prática dos experimentos busca desenvolver habilidades técnicas e eliminar barreiras financeiras como matérias de laboratório, vidrarias etc. A pesquisa foi conduzida na Escola Centro de Ensino Vereadora Neide Costa, com 36 alunos do 2º ano do ensino médio, no período de 20 de junho a 06 de julho de 2022, durante a pandemia. Utilizando materiais de baixo custo, os experimentos buscaram promover a interdisciplinaridade entre química e física, especialmente na área de eletroquímica. A implementação de experimentos práticos, mesmo com recursos limitados, destaca-se como contribuição significativa para o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes. Os resultados enfatizam a importância de atividades práticas que estimulem a participação ativa dos alunos, permitindo a vivência concreta de conceitos teóricos. Os dados coletados indicam que o uso de experimentos de baixo custo não só enriquece o processo de ensino-aprendizagem, mas também estimula o interesse dos alunos e facilita a compreensão dos conteúdos, promovendo um ambiente educacional mais dinâmico e engajador.

Palavras-chave: Ensino de química, método por investigação, experimentos de baixo custo, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This article proposes an innovative approach to teaching electrochemistry, using low-cost experiments and an interdisciplinary perspective. It seeks to make the study more accessible and interesting, promoting a deeper understanding of the principles and applications of this area. The integration of physics and chemistry concepts aims to stimulate critical thinking, while the practical carrying out of experiments seeks to develop technical skills and eliminate financial barriers. The research was conducted at Escola Centro de Ensino Vereadora Neide Costa, with 36 second-year high school students, from June 20 to July 6, 2022, during the pandemic. Using low-cost materials, the experiments sought to promote interdisciplinarity between chemistry and physics, especially in the area of electrochemistry. The implementation of practical experiments, even with limited resources, stands out as a significant contribution to the development of students' knowledge. The results emphasize the importance of practical activities that encourage the active participation of students, allowing the concrete experience of theoretical concepts. The data collected indicates that the use of low-cost experiments not only enriches the teaching-learning process, but also stimulates students' interest and facilitates the understanding of content, promoting a more dynamic and engaging educational environment.

Keywords: *Chemistry education, research method, low-cost experiments, meaningful learning.*

1. INTRODUÇÃO

A Eletroquímica é uma área da Química que desempenha um papel fundamental em inúmeras aplicações práticas, desde o armazenamento de energia em baterias eletroquímicas até processos de corrosão eletroquímica. Este artigo buscou uma abordagem inovadora para o ensino e compreensão da eletroquímica, por meio da realização de experimentos de baixo custo. A proposta interdisciplinar visa tornar o estudo desta área mais acessível e interessante para estudantes de diversas áreas do conhecimento, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios e aplicações da eletroquímica [1][2].

Para os autores a interdisciplinaridade é uma abordagem amplamente reconhecida e adotada no campo acadêmico, destacada por diversos autores renomados. Morin (2005) argumenta que a interdisciplinaridade é essencial para integrar diferentes disciplinas e perspectivas, possibilitando uma compreensão mais holística de fenômenos complexos. Fazenda (1979) enfatiza a importância da interdisciplinaridade na formação de profissionais capazes de lidar com a complexidade do mundo contemporâneo. De acordo com Paulo Freire (1987), a interdisciplinaridade é o método pelo qual o sujeito constrói o conhecimento, considerando sua relação com o contexto, a realidade e sua cultura. Esse processo envolve a problematização da situação para revelar a realidade, seguida pela integração dos conhecimentos de forma sistematizada. Para Piaget (1973), a interdisciplinaridade é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, permitindo a construção de um conhecimento mais sólido e interligado. Por fim, Habermas (1987) ressalta o papel da interdisciplinaridade na busca por soluções para os desafios sociais e globais, enfatizando a importância do diálogo entre diferentes campos do conhecimento [3][4][5][6][7].

Ao oferecer experimentos práticos e envolventes, buscamos não apenas transmitir conhecimento, mas também despertar a curiosidade e o interesse dos participantes, incentivando assim a exploração e o aprendizado autônomo. Os experimentos propostos abrangem desde a construção de células galvânicas simples até a eletrólise de soluções aquosas, utilizando materiais de baixo custo facilmente disponíveis. Além disso, a abordagem interdisciplinar busca integrar conceitos de física e química, proporcionando uma visão mais abrangente e contextualizada da eletroquímica [8].

Esperava-se que essa proposta estimulasse a participação ativa dos estudantes, promovendo a compreensão não apenas dos processos químicos envolvidos, mas também dos princípios físicos subjacentes. Por meio desses experimentos, os participantes tiveram a oportunidade de observar diretamente as transformações que ocorrem em nível molecular durante as reações eletroquímicas, possibilitando uma compreensão mais concreta e visual dos conceitos teóricos. Além disso, a realização prática dos experimentos propôs aos participantes a oportunidade de desenvolver habilidades técnicas e analíticas, ao mesmo tempo em que estimula a curiosidade investigativa. Acreditamos que a combinação entre

teoria e prática proporcionada por essa abordagem contribuirá significativamente para a compreensão da eletroquímica, incentivando um aprendizado mais significativo e duradouro. Ao final deste artigo, esperamos apresentar evidências concretas do impacto positivo desta proposta interdisciplinar no ensino da eletroquímica, demonstrando sua eficácia na promoção do interesse, compreensão e aprendizado ativo dos participantes [9] e [10].

A realização dos experimentos propostos não só permitirá aos participantes aplicar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula, mas também oferecerá uma oportunidade única de vivenciar o método científico na prática. A observação direta das reações eletroquímicas em um ambiente controlado possibilitará aos estudantes estabelecer conexões entre os fenômenos observados e os princípios teóricos discutidos em suas aulas. Esta abordagem prática contribuirá para uma compreensão mais profunda dos processos envolvidos na eletroquímica. Além disso, ao promover experimentos de baixo custo, buscamos eliminar barreiras financeiras que possam limitar o acesso dos estudantes a atividades práticas relacionadas à eletroquímica [11] [12].

A democratização do acesso ao conhecimento científico é um princípio fundamental desta proposta interdisciplinar, que visa proporcionar oportunidades iguais de aprendizado independentemente das condições econômicas dos participantes. A interdisciplinaridade é um elemento essencial desta proposta, pois reconhecemos que a compreensão completa da eletroquímica requer não apenas conhecimentos específicos de química, mas também uma compreensão sólida dos princípios físicos subjacentes aos processos envolvidos. Dessa forma, buscamos integrar conceitos de física relacionados à eletricidade e reações químicas à abordagem experimental proposta, proporcionando aos participantes uma visão mais abrangente da eletroquímica. Ao adotar uma abordagem interdisciplinar para o ensino da eletroquímica, esperamos não apenas promover uma compreensão mais profunda deste campo da ciência, mas também estimular o pensamento crítico e analítico nos participantes [13].

A integração de conhecimentos provenientes de diferentes disciplinas fornecerá aos estudantes ferramentas conceituais mais robustas para abordar questões complexas relacionadas à eletroquímica. Por fim, este artigo busca não apenas apresentar a proposta interdisciplinar para o ensino da eletroquímica por meio de experimentos de baixo custo, mas também oferecer um relato detalhado das experiências vivenciadas pelos participantes durante a realização desses experimentos. Espera-se compartilhar não apenas os resultados obtidos, mas também as reflexões geradas por esta abordagem inovadora para o ensino da ciência. Dessa forma, pretende-se contribuir para o avanço do ensino da química através do estabelecimento de práticas pedagógicas inovadoras que promovam um aprendizado significativo e duradouro. Ao compartilhar as descobertas deste estudo, espera-se inspirar outros educadores e pesquisadores a explorarem novas possibilidades para tornar o ensino das ciências mais acessível, envolvente e relevante para as gerações futuras [14] [15].

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A eletroquímica, fascinante interseção entre reações químicas e eletricidade, recebeu contribuições cruciais ao longo do tempo, moldando sua compreensão e aplicação. Michael Faraday, no século XIX, deixou um legado inestimável com suas leis da eletrólise, estabelecendo as bases quantitativas que relacionam a corrente elétrica com as transformações químicas. Seus estudos fundamentais permitiram a manipulação controlada de reações por meio de corrente elétrica [16].

Walther Nernst [17], no início do século XX, avançou a termodinâmica eletroquímica com a equação que leva seu nome. Essa equação é crucial para compreender o comportamento de células eletroquímicas em diferentes condições, proporcionando insights valiosos sobre os aspectos termodinâmicos envolvidos nas reações redox.

A teoria de Grotthuss, estabelecida no século XVIII, é um marco na compreensão da condução iônica. Grotthuss descreveu como íons se movem em soluções aquosas durante reações redox, lançando luz sobre o mecanismo subjacente à condução iônica em eletrólitos[18].

Abordagem Interdisciplinar e Proposta de Experimentos de Baixo Custo

Ao incorporar experimentos acessíveis, como a eletrólise da água, a abordagem interdisciplinar ganha vida. Este experimento prático não apenas exemplifica as leis de Faraday, mas também fornece uma plataforma para explorar a equação de Nernst na prática, permitindo que os alunos compreendam a influência das concentrações nas células eletroquímicas.

A interdisciplinaridade se destaca ao conectar conceitos matemáticos na análise quantitativa das substâncias produzidas, explorando implicações ambientais e energéticas, e fornecendo uma visão abrangente da eletroquímica. Além disso, pode-se integrar conceitos de física na compreensão das forças envolvidas na movimentação dos íons durante a condução iônica, ampliando a compreensão do fenômeno.

Estimulando a curiosidade dos alunos, esse experimento não apenas reforça a compreensão prática dos conceitos teóricos, mas também destaca a relevância histórica desses pesquisadores na construção do conhecimento eletroquímico. Além disso, incentiva a exploração de possíveis melhorias no experimento, promovendo a criatividade e o pensamento crítico.

Em suma, a proposta interdisciplinar, integrando teoria e experimentação de baixo custo, não apenas enriquece a aprendizagem prática dos alunos, mas também destaca a influência e importância de pesquisadores como Faraday, Nernst e Grotthuss na evolução da eletroquímica[19]. Essa abordagem proporciona uma educação mais holística, conectando o passado ao presente e estimulando uma compreensão profunda e aplicada dos princípios eletroquímicos. De acordo com Ausubel (2000) e sua teoria da aprendizagem significativa, a incorporação de experimentos de baixo custo visa conectar novos conhecimentos à estrutura cognitiva existente, proporcionando uma assimilação mais

profunda da eletroquímica [20][21][?] Já Vygotsky (1978) e sua zona de desenvolvimento proximal ressaltando a importância da interação social no aprendizado [22]. Assim, a inclusão de experimentos práticos busca estimular a colaboração entre os alunos, promovendo discussões e a construção conjunta de conhecimento.

A perspectiva de Piaget (1970), que destaca a manipulação concreta para a compreensão de conceitos abstratos, é abordada através de experimentos de baixo custo, proporcionando uma abordagem tangível e alinhando-se com a fase operacional concreta do desenvolvimento cognitivo[18]. Por fim, a pedagogia de Dewey (1938), centrada na aprendizagem por meio da experiência, é aplicada, utilizando experimentos práticos para elucidar os princípios da eletroquímica, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas[23].

Unindo essas perspectivas teóricas, a proposta interdisciplinar deste artigo visa criar uma experiência de aprendizado rica e significativa em eletroquímica. Utilizando experimentos de baixo custo como ferramenta eficaz, busca-se envolver os alunos em uma compreensão prática e aplicada desse campo científico desafiador [24].

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na escola Centro de Ensino Vereadora Neide Costa, localizada no Povoado De Cana Brava, Município de Agua Doce do Maranhão, com alunos do ensino médio do 2º ano no turno matutino com 36 alunos. Toda pesquisa foi desenvolvida no período de 20 de junho a 06 de julho de 2022 período pandemia.

Os experimentos foram conduzidos utilizando materiais de baixo custo, com o intuito de promover a interdisciplinaridade entre a química e a física, especialmente no contexto da eletroquímica. A escolha desses materiais foi fundamental para garantir a acessibilidade e a aplicabilidade prática dos resultados obtidos. Para investigar a transferência da energia química em energia elétrica e vice-versa, foram realizados experimentos específicos, nos quais foram analisados os processos eletroquímicos envolvidos. Cada etapa dos experimentos foi planejada considerando o objetivo de compreender melhor essa transferência de energia e sua relação com os princípios da química e da física.



Figura 1: Etapa inicial: Aula expositiva pelo método de ensino por investigação.

Dentro desse contexto, a aplicação foi dividida em 5 etapas, cada uma delas trabalhada minuciosamente. Na primeira etapa, procedeu-se à apresentação do Grupo de Pesquisa e Ensino de Física (GPEF) dentro desse grupo é desenvolvido várias pesquisas, o objetivo geral da pesquisa e ressaltando a integração entre as disciplinas de Física e Química como elementos fundamentais na investigação. Foi um momento para demonstrar como a colaboração entre essas áreas do conhecimento pode enriquecer a compreensão de fenômenos e processos complexos.

Posteriormente, foi dedicado um tempo para explicar como a Física e a Química estabelecem relações entre si, destacando os conceitos fundamentais de ambas as disciplinas. Essa abordagem visou estabelecer as bases teóricas necessárias para o entendimento do experimento "Corrente elétrica no meio eletrolítico", preparando os participantes para compreenderem o fenômeno de forma mais completa.

Na sequência, foi lançada a pergunta provocativa "O que é Eletroquímica com base no que você conhece?", com o intuito de promover a reflexão e engajar os participantes no tema proposto. Essa estratégia visou estimular o pensamento crítico e proporcionar um ponto de partida para a discussão sobre o assunto.

Na continuidade da segunda etapa, buscamos ilustrar de forma prática como ocorre o funcionamento de uma pilha, utilizando recursos visuais e exemplos do cotidiano para tornar o conteúdo mais acessível e tangível aos alunos. Exploramos as etapas e os processos envolvidos nesse dispositivo, incentivando a participação ativa dos estudantes na compreensão do tema.



Figura 2: Etapa consecutiva de Discussão e Resolução questões abertas.

Além disso, durante a explanação sobre a pilha de Daniell, destacamos o papel dos diferentes materiais e substâncias envolvidas no processo, promovendo uma análise detalhada das reações químicas que ocorrem dentro da pilha. Essa abordagem permitiu aos

alunos compreender não apenas o funcionamento prático da pilha, mas também os fundamentos teóricos que regem esse processo.

Ao final dessa etapa, abrimos espaço para perguntas e reflexões dos alunos, incentivando a troca de ideias e esclarecendo eventuais dúvidas que surgiram durante a explanação. Essa interação ativa contribuiu para consolidar o aprendizado e estimular um pensamento crítico sobre o tema, fortalecendo a compreensão dos conceitos abordados.

Na terceira etapa da aplicação, realizamos a demonstração do experimento "Corrente elétrica no meio eletrolítico" de forma prática e envolvente. Utilizamos materiais de baixo custo, como fita, pilhas, vasilhas de plástico, água, fios, uma lâmpada de LED, sal de cozinha e açúcar. A montagem do circuito ocorreu dentro da sala de aula, permitindo a explicação detalhada de cada componente e incentivando a participação ativa dos alunos.

A abordagem prática visa não apenas transmitir conceitos teóricos, mas também promover o entendimento aprofundado da corrente elétrica em meios eletrolíticos. Durante a interação dos alunos com os materiais, destacamos os princípios básicos da eletricidade e enfatizamos a importância de cada elemento no funcionamento do circuito. A presença da lâmpada de LED permitiu visualizar a corrente em ação, tornando o aprendizado mais tangível. Além disso, discutimos as aplicações práticas do experimento relacionando-o a situações do dia a dia para fortalecer o significado do aprendizado.

Durante a execução do experimento, encorajamos perguntas e discussões para incentivar a curiosidade e o pensamento crítico. Ao concluir a atividade, promovemos uma reflexão conjunta para consolidar o conhecimento e esclarecer eventuais dúvidas. É fundamental ressaltar a importância da participação ativa dos alunos na montagem do circuito para facilitar a compreensão e estimular o interesse pela ciência e pela experimentação. Integrar aulas teóricas com atividades práticas oferece uma educação mais completa e estimulante.

A aplicação desse experimento proporciona uma aprendizagem holística, beneficiando os alunos em sua jornada acadêmica e promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios científicos envolvidos. Em resumo, a terceira etapa da aplicação não apenas apresentou o experimento "Corrente elétrica no meio eletrolítico", mas também buscou engajar os alunos de maneira dinâmica, conectando a teoria à prática e promovendo uma experiência educativa enriquecedora. Foi dividida a sala em grupos de 6 pessoas, e roteiros de experimentos foram distribuídos para que eles sejam apresentados na próxima aula. Essa dinâmica visa estimular a colaboração entre os alunos, promover a troca de conhecimentos e consolidar o aprendizado por meio da experimentação prática.

Na quarta etapa, promovemos as oficinas dos experimentos, oferecendo aos alunos a chance de apresentar suas próprias criações. No entanto, alguns alunos relataram dificuldades em realizar os experimentos devido a compromissos prévios que ocuparam o tempo destinado a esta etapa. Essa situação evidencia os desafios enfrentados nesta fase

crucial do trabalho, ressaltando a necessidade de flexibilidade e compreensão em relação aos compromissos dos alunos.



(a) Corrente elétrica no meio eletrolítico.



(b) Alunos explicando o princípio do experimento



(c) Atividade prática do estudo



(d) Discussão sobre o experimento em sala.

Figura 3: Oficina com experimentos de baixo custo sobre eletroquímica.

Na quinta etapa, realizamos o *Quiz*, que foi a etapa final do processo de aplicação. Nesse momento, cada aluno teve a oportunidade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do processo. A avaliação foi feita de forma individual e o *Quiz* consistiu em 15 perguntas de múltipla escolha. Participaram do *Quiz* 17 alunos e cada um teve 5 minutos para responder às questões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a aplicação do método de ensino, foi possível observar que os alunos demonstraram um entendimento significativo sobre a transferência de energia química para energia elétrica e vice-versa. Esse resultado destaca a eficácia do processo educacional em fornecer aos alunos uma compreensão prática e teórica desse fenômeno fundamental.

Além disso, a prática proporcionou aos alunos a oportunidade de compreender os processos que ocorrem dentro de uma pilha e a razão por trás desses processos. Esta constatação evidencia como a abordagem prática pode contribuir para uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos, permitindo que os alunos visualizem e experimentem diretamente os fenômenos estudados.

Quanto à avaliação da aprendizagem, a utilização de métodos dinâmicos e interativos, como o Quiz e jogos, revelou-se uma estratégia eficaz para engajar os alunos no processo de aprendizado. Ao se tornarem protagonistas das aulas, os alunos se envolvem ativamente na assimilação do conhecimento, o que pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a retenção do conteúdo.

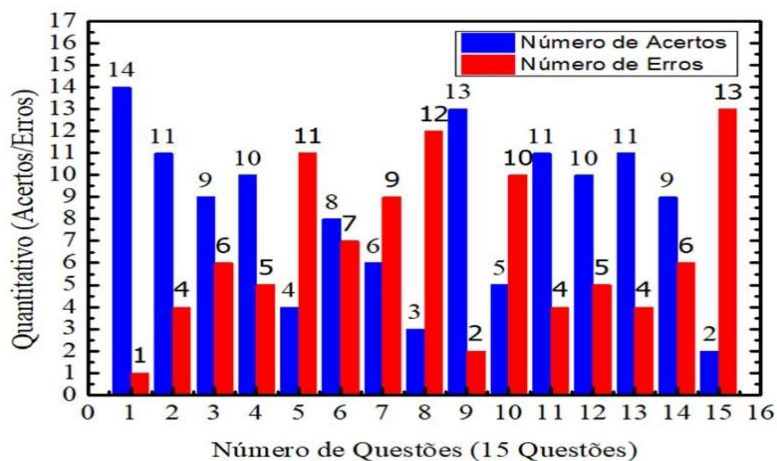
Esses resultados destacam a importância de abordagens práticas e interativas no ensino de ciências, evidenciando como essas estratégias podem influenciar positivamente o aprendizado dos alunos. Através dessas observações, é possível traçar um panorama favorável da eficácia do método educacional adotado. Como podemos analisar a tabela abaixo:

Table 1: Tabela Aplicação QUIZ

Questionário		
Questões	Acertos	Erros
1	14	1
2	11	4
3	9	6
4	10	5
5	4	11
6	8	7
7	6	9
8	3	12
9	13	2
10	5	10
11	11	4
12	10	5
13	11	4
14	9	6
15	2	13

Com base nos resultados obtidos com a aplicação do *Quiz*, é possível observar que o uso de experimentos de baixo custo durante as aulas desempenha um papel fundamental na aprendizagem dos alunos. A análise dos acertos demonstra que o emprego desses recursos resulta em um maior número de respostas corretas em comparação com as respostas incorretas, evidenciando a viabilidade e eficácia do uso de materiais acessíveis para o aprendizado dos alunos como podemos observar no gráfico abaixo:

Figura 4: Gráfico quantitativo explicitando a aprendizagem dos alunos após o processo metodológico da pesquisa aplicada



Essa constatação sugere que a implementação de experimentos práticos, mesmo com recursos limitados, contribui significativamente para o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes. Além disso, os resultados reforçam a importância de promover atividades práticas que estimulem a participação ativa dos alunos, permitindo que eles vivenciem conceitos teóricos de forma concreta e aplicada.

Portanto, os dados coletados indicam que a utilização de experimentos de baixo custo não apenas enriquece o processo de ensino-aprendizagem, mas também estimula o interesse dos alunos e facilita a compreensão dos conteúdos abordados. Essa abordagem prática e acessível se mostra como uma estratégia eficaz para promover um ambiente educacional mais dinâmico e engajador.

5. CONSIDERAÇÕES

A pesquisa demonstrou que a incorporação de experimentos de baixo custo não apenas centraliza o aluno no processo de ensino aprendizagem, mas também atua como um catalisador para a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes. Ao envolver ativamente os alunos em atividades práticas e acessíveis, essa abordagem não só fortalece a compreensão dos conteúdos, mas também instiga a curiosidade e o interesse pelos temas abordados.

Além disso, ao proporcionar aos professores a liberdade de inovar em suas práticas pedagógicas, os experimentos de baixo custo enriquecem o repertório educacional. Essa diversificação no ensino não só mantém a relevância das aulas, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios do mundo real, ao promover habilidades como resolução de problemas e criatividade.

A estreita interação entre alunos e docentes, facilitada por essa abordagem, não se limita apenas ao ambiente acadêmico. Ela cria um espaço propício para mentorias, diálogos construtivos e desenvolvimento pessoal, contribuindo assim para uma formação integral dos estudantes. Em última análise, a metodologia de experimentos de baixo custo emerge não apenas como uma ferramenta de ensino, mas como uma plataforma para o crescimento educacional e pessoal dos envolvidos no processo.

6. REFERÊNCIAS

[1] Santos, W. L. P. dos et al. Química e sociedade. São Paulo, Nova Geração, 2008, v. único.

[2] AMARAL, Ivan A. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. Ciência e Ensino, n. 3, p. 10-15, dez. 1997.

[3] MORIN, Edgar. Educação e complexidade, os sete saberes e outros ensaios São Paulo: Cortez, 2005.

[4] FAZENDA, Ivani C. Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia. São Paulo: Loyola, 1979.

[5] PIAGET, J. Problemas gerais da investigação interdisciplinar e mecanismos comuns. Lisboa: Bertrand, 1973.

[6] Habermas J 1987. Teoria de la acción comunicativa Taurus-Biblioteca de Filosofia Contemporânea, Ed. 70, Madri-Portugal.

[7] FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

[8] Feltre, Ricardo. Química. São Paulo, Moderna, 2004, v.2.

[9] Gibin, Gustavo Bizarria, Filho, Moacir Pereira de Souza. Atividades experimentais investigativas em física e química: uma abordagem para o ensino médio. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

[10] Magalhães, Mariza. Experimentos simples de química. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

[11] ANDRADE, Adriana; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Praça. Oficinas de experimentos de baixo custo não ensino de Física. 2017.

[12] CARVALHO, A.M.P.; SANTOS, E.I.; AZEVEDO M.C.P.S.; DATE, M.P.S.; FUJII, S.R.S. (2021) Experiências em Ensino de Ciências V.16, N.3.

[13] Mortimer, Eduardo F. Química: ensino médio. Brasília, Ministério da Educação Básica, 2006, v.4 e v.6.

[14] IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. e ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, v. 17, n. 1, p. 45-60, 1999.

[15] NASCIMENTO, V.B. (1999). Termodinâmica: Um ensino por investigação. São Paulo: Universidade de São Paulo -Faculdade de Educação.

[16] Nernst, W. H.; Theoretical chemistry from the standpoint of Avogadro's rule and thermodynamics, MacMillan and Co.: London, 1904.

[16] ALIAZI, M. C.; Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química. Química Nova, Vol. 27, N 2, 326-331.

[17] Nernst, W. H.; The New Heat Theorem: Its foundations in theory and experiment, Methuen and Co: London, 1926.

[18] AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

[19] AUSUBEL, D. P. Educational psychology: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

[20] AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

[21] VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

[22] PIAGET, J. A Construção do real na criança. Rio de Janeiro, Zahar, 1970.

[23] DEWEY, John. The public and its problems Athenas: Swallow. 1938.

[24] Hess, Sônia. Experimentos de Química com materiais domésticos. São Paulo. Moderna, 1997.