



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS



CAROLINE SILVERIO MOSSI

**PILHAS E BATERIAS: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA UTILIZANDO AS  
TDICs E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

**Campo Grande – MS  
2018**

CAROLINE SILVERIO MOSSI

**PILHAS E BATERIAS: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA UTILIZANDO AS  
TDICs E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, sob a orientação do Prof. Dr. Airton José Vinholi Junior.

**Campo Grande – MS  
2018**

Nome: Caroline Silverio Mossi

Título: Pilhas e baterias: uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino de eletroquímica utilizando as TDICs e atividades experimentais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em: \_\_\_\_\_.

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Airton José Vinholi Junior  
Orientador/UFMS

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniele Correia  
Membro /UFMS

---

Prof. Dr. Felipe Damasio  
Membro Externo/IFSC

---

Prof. Dr. Dario Xavier Pires  
Suplente/UFMS

À minha família.

Aos professores e alunos da Escola  
Estadual Pólo Francisco Cândido de  
Rezende do Distrito de Anhanduí – MS.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por todas as pessoas que estiveram ao meu lado nessa caminhada.

A minha família Vilmar, Marilza, Carine e Jonilda pela educação, incentivo, amor e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, me fornecendo apoio, sabedoria e por nunca me deixarem desistir de meus sonhos. Amo vocês!

Ao meu orientador, professor Airton José Vinholi Junior pela compreensão, disposição, orientação e dedicação para a realização de nosso trabalho. Agradeço-lhe imensamente por acreditar em minha capacidade e por todos os valiosos ensinamentos que contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

A todos da Escola Estadual Pólo Francisco Cândido de Rezende do Distrito de Anhanduí – MS, sobretudo aos alunos do segundo ano B e do segundo ano C pela participação nesse trabalho de pesquisa, a direção e coordenação por ter me aberto às portas e ter possibilitado todo o apoio necessário na aplicação das atividades.

Aos professores do Mestrado de Ensino de Ciências pelas colaborações em minha formação e realização deste trabalho.

Aos meus colegas do mestrado, por serem companheiros e pelo apoio ao longo destes anos de curso.

Aos membros da banca examinadora, prof<sup>a</sup> Daniele Correia, prof<sup>o</sup> Felipe Damasio e prof<sup>o</sup> Dario Xavier Pires, por aceitarem participar deste momento importante de minha formação e pelas contribuições preponderantes que ampliaram as minhas reflexões.

## RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e realizada em 2017, com 37 alunos do Ensino Médio de uma escola pública que pertence ao Distrito de Anhanduí, município de Campo Grande, MS. O objetivo principal deste trabalho foi produzir e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) embasada na TAS para investigar a aprendizagem significativa do conteúdo de eletroquímica, como maior ênfase em pilhas e baterias, mediante a aplicação de atividades experimentais e das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Trata-se de um estudo que tem fundamentação de cunho qualitativo e do tipo intervenção pedagógica, em que, inicialmente, foi aplicado um questionário inicial e um pré-teste para o levantamento de *subsunçores* dos alunos e, posteriormente, utilizou-se, como estratégia de ensino, aulas com o uso das TDICs e atividades experimentais para o estudo das pilhas e baterias. Ao final da UEPS, foi solicitada a confecção de um mapa conceitual sobre o conteúdo abordado e a resolução de uma nova situação de aprendizagem, finalizando as intervenções didáticas com a aplicação do pós-teste. Com a realização das análises do questionário e do pré-teste, verificamos a necessidade de empregar a estratégia dos organizadores prévios de acordo com os fundamentos da TAS, com a finalidade de estimular o progresso de conceitos, ideias e proposições relevantes na estrutura cognitiva dos alunos para favorecer a aprendizagem significativa do conteúdo de ensino. O processo de triangulação dos resultados pela análise dos questionários, dos testes e do mapa conceitual, evidenciou que uma parte expressiva dos estudantes apropriou-se significativamente dos conceitos básicos da eletroquímica. Portanto, foi possível constatar que o uso das TDICs contribuiu para um melhor entendimento por parte dos alunos sobre os conceitos estudados, pois favoreceu a visualização de fenômenos no nível submicroscópico e as atividades experimentais de “demonstração/observação aberta” colaboraram para uma análise dos aspectos de nível macroscópico, de modo que os alunos foram instigados a observar, levantar hipóteses, questionar e refletir criticamente sobre os fenômenos tratados nos experimentos.

**Palavras-chave:** TDICs, atividades experimentais, aprendizagem significativa, ensino de eletroquímica.

## **ABSTRACT**

The present research was developed based on the Theory of Meaningful Learning (TAS) and was carried out in 2017, with 37 high school students from a public that belongs to the District of Anhanduí, municipality of Campo Grande, MS. The main objective of this work was to produce and implement a Unit Teaching Potentially Significant (UEPS) based on TAS to investigate the significant learning of electrochemical content, such as greater emphasis on cells and batteries, through the application of experimental activities and Digital Technologies of Information and Communication (TDICs). It is a study that has a qualitative and pedagogical intervention, in which, initially, an initial questionnaire and a pre-test were used to survey subsumers students' and, later, it was used as a strategy of teaching classes with the use of TDICs and experimental activities for the study of cells and batteries. At the end of the UEPS, a conceptual map of the content addressed and the resolution of a new learning situation was requested, finalizing the didactic interventions with the application of the post-test. With the accomplishment of the analysis of the questionnaire and pre-test, we verified the need to use the strategy of the previous organizers according to the foundations of the TAS, with the purpose of stimulating the progress of concepts, ideas and propositions relevant in the cognitive structure of the students for promote meaningful learning of teaching content. The process of triangulation of the results by the analysis of the questionnaires, the tests and the conceptual map, evidenced that an expressive part of the students appropriated significantly the basic concepts of electrochemistry. Therefore, it was possible to verify that the use of the TDICs contributed to a better understanding by the students of the concepts studied, since it favored the visualization of phenomena at the submicroscopic level and the experimental activities of "demonstration / open observation" collaborated for an analysis of the aspects of macroscopic level, so that the students were instigated to observe, raise hypotheses, question and reflect critically on the phenomena treated in the experiments.

**Keywords:** TDICs, experimental activities, meaningful learning, electrochemistry teaching.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Um mapa conceitual elucidando as formas e tipos de aprendizagem significativa. ....	16
Figura 2. Modelo para organizar a instrução conforme a teoria de Ausubel.....	21
Figura 3. Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.....	28
Figura 4. Página inicial do simulador PhET ‘Solução de Açúcar e Sal. ....	65
Figura 5. Mapa Conceitual sobre as reações de oxirredução. ....	68
Figura 6. Página inicial da simulação ‘ <i>Metals in Aqueous Solutions</i> ’.....	68
Figura 7. Atividade experimental ‘Pilha e Bateria de Daniell’. ....	70
Figura 8. Página inicial da simulação ‘Voltaic Cell’.....	71
Figura 9. Análise dos subsunçores levantados a partir das questões subjetivas do questionário inicial. ....	82
Figura 10. Análise dos subsunçores levantados nas questões 2 e 5 do questionário inicial. ....	83
Figura 11. Mapa Conceitual construído pelo aluno C14. ....	93
Figura 12. Análise das respostas levantadas no pré-teste e pós-teste. ....	96
Figura 13. Mapa conceitual de referência sobre as pilhas. ....	98
Figura 14. Análise das categorias, em porcentagem, dos mapas conceituais avaliados. ....	100
Figura 15. Mapa conceitual construído pelo aluno C4.....	101
Figura 16. Mapa conceitual construído pelo aluno C11.....	103
Figura 17. Mapa conceitual construído pelo aluno B12.....	104
Figura 18. Mapa conceitual construído pelo aluno B17.....	105
Figura 19. Mapa conceitual construído pelo aluno B14.....	107
Figura 20. Mapa conceitual construído pelo aluno C13.....	108
Figura 21. Mapa conceitual construído pelo aluno C15.....	108
Figura 22. Mapa conceitual construído pelo aluno C10.....	110
Figura 23. Mapa conceitual construído pelo aluno B18.....	110
Figura 24. Mapa conceitual construído pelo aluno B13.....	111
Figura 25. Funções da simulação “Soluções de açúcar e sal”. ....	113
Figura 26. Slide organizado pela professora-pesquisadora para apresentar o processo de ionização.....	118

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Sequência de etapas para a construção de uma UEPS.....	24
Quadro 2. Quantidade de artigos de periódicos selecionados para esta revisão da literatura.....	34
Quadro 3. Quantitativo de alunos do 2ºB que participaram em cada instrumento aplicado durante a UEPS. ....	53
Quadro 4. Quantitativo de alunos do 2ºC que participaram em cada instrumento aplicado durante a UEPS. ....	54
Quadro 5: Questões do questionário inicial e seus objetivos. ....	55
Quadro 6: Questões do pré-teste e pós-teste e seus objetivos. ....	57
Quadro 7. Categorias de análise dos mapas conceituais. ....	60
Quadro 8. Organização dos conteúdos referentes às atividades da UEPS. ....	61
Quadro 9. Questões do questionário inicial e exemplos de respostas para classificação dos <i>subsunçores</i> . ....	74
Quadro 10. Questões do pré-teste e pós-teste e exemplos de respostas para classificação em adequadas, plausíveis e inadequadas. ....	86
Quadro 11. Proposições válidas do mapa referência sobre pilhas e baterias. ....	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Disposição de padrões de respostas em categorias definidas para cada questão e resultados obtidos no questionário inicial.....	79
Tabela 2: Porcentagens das respostas de cada questão que compõe o questionário inicial e as categorias de subsunçoes para as duas turmas pesquisadas. ....	81
Tabela 3: Análise das respostas do pré-teste que foram organizadas em três categorias. ....	94
Tabela 4: Análise das respostas do pós-teste que foram organizadas em três categorias. ....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MEC - Ministério da Educação

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SED/MS - Secretaria de Educação de Mato Grosso do Sul

SAEMS - Sistema de Avaliação da Educação da Rede Pública de Mato Grosso do Sul

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
1.1    A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL .....	11
1.1.1    FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	14
1.1.2    A ORGANIZAÇÃO DO ENSINO NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	17
1.1.3    UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS - UEPS	22
1.2    MAPAS CONCEITUAIS .....	26
<b>CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>32</b>
2.1    ENSINO E APRENDIZAGEM EM ELETROQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO .....	34
2.2    AS TDICs NO ENSINO DE QUÍMICA.....	40
2.3    AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	45
<b>CAPÍTULO 3 PERCURSO METODOLÓGICO .....</b>	<b>51</b>
3.1    FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA .....	51
3.2    CONTEXTO DA PESQUISA .....	52
3.3    SUJEITOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA .....	52
3.4    INSTRUMENTOS DE DADOS .....	55
3.5    METODOLOGIA DE ANÁLISE.....	59
3.6    A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....	61
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
4.1    ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO INICIAL .....	74
4.2    ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE .....	85
4.3    ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS .....	97
4.4    ANÁLISE PROVA APLICADA .....	112
4.5    NOVA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM .....	124
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>186</b>

## APRESENTAÇÃO

O interesse por esta pesquisa surgiu mediante uma investigação realizada durante a minha graduação em licenciatura em Química no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS), na realização do trabalho de conclusão de curso (MOSSI et al., 2017), em que um dos objetivos foi verificar, junto aos professores de Química da região Norte do estado de Mato Grosso do Sul, quais as contribuições da utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ensino de Química.

Em tese, os resultados daquele estudo subsidiaram o embasamento desta proposta de pesquisa de mestrado, pois uma parte expressiva dos docentes apontou que a aplicação das TDICs nas aulas aprimora o aprendizado dos estudantes, deixando o conteúdo mais acessível para o entendimento da Química, além de considerarem que os recursos tecnológicos estimulam o interesse e a participação dos estudantes. Por intermédio daqueles relatos, foi percebida uma oportunidade relevante em trabalhar com as TDICs como auxílio ao ensino e aprendizagem significativa de Química.

O conteúdo de eletroquímica foi escolhido para esta pesquisa em função de que os professores do trabalho mencionado anteriormente assinalaram que os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem sobre o referido assunto. Tal suposição vai ao encontro dos resultados de diversos estudos na área do ensino de Química, os quais serão apresentados no capítulo 2 (dois) - revisão da literatura - desta dissertação.

Logo, observamos a necessidade da produção de estratégias didáticas que colaborassem para um desfecho desta problemática. Por essa razão, elaboramos e implementamos uma intervenção didática com o uso das TDICs e das atividades experimentais. Todavia, ao construirmos esse material, aproveitamos algumas sugestões colocadas por aqueles professores, como a utilização de vídeos e softwares educacionais, pois, na visão deles, esses recursos de visualização facilitam a explicação dos níveis de representação da Química, principalmente o nível microscópico, considerado abstrato e de difícil entendimento pelos estudantes.

Esta pesquisa de mestrado foi desenvolvida em uma escola da Rede Estadual de Mato Grosso do Sul, que possui uma Sala de Tecnologia Educacional, bem como algumas ferramentas tecnológicas para uso pedagógico. Nesse viés, a Secretaria de Educação (SED/MS) estabelece a importância do trabalho com as TDICs no ambiente escolar mediante a RESOLUÇÃO/SED N. 2.491, de oito de dezembro de 2011, que dispõe sobre o Projeto de Implementação das Salas de Tecnologias Educacionais

(STEs) e a utilização dos diversos recursos midiáticos<sup>1</sup> nas unidades escolares da Rede Estadual de Ensino.

O art. 2º da Resolução nº 2.491/2011 aponta os propósitos das STEs e dos recursos midiáticos nas escolas.

Art. 2º As STEs e recursos midiáticos nas escolas da Rede Estadual de Ensino objetivam:

I - contribuir para a efetividade do processo de ensino e de aprendizagem;

II – familiarizar os alunos com as ferramentas das tecnologias da informação e da comunicação necessárias à sua formação;

III – enriquecer o ambiente de aprendizagem escolar;

IV – privilegiar a construção do conhecimento de forma coletiva e cooperativa.

Respalhando-nos nas orientações da SED/MS para a utilização das TDICs no contexto educacional da Rede Estadual, buscamos, no decurso de nossa pesquisa, atender aos objetivos supracitados, principalmente no que condiz à construção do conhecimento de forma coletiva e cooperativa.

Ademais, ao fomentarmos a aplicação das TDICs no ensino de Química, a temática desta dissertação versa também sobre as atividades experimentais. Em 2016, quando comecei a minha atuação profissional na docência em Química, nessa mesma escola que aplicamos a nossa pesquisa, deparei-me com materiais de laboratório que estavam guardados há muito tempo em um espaço reservado, pois não havia laboratório na instituição, e a maior parte dos reagentes encontrava-se vencidos, bem como algumas vidrarias nunca haviam sido utilizadas, uma vez que ainda estavam acondicionadas em caixas.

Em contrapartida, existia o apelo dos estudantes por atividades experimentais. Neste ínterim, tive que buscar possibilidades sobre como preparar e executar essas estratégias, aproveitando-me dos conhecimentos prévios dos estudantes para realizar a interação entre os conhecimentos apresentados nas aulas. Enfim, para proporcionar aprendizagem significativa aos estudantes, necessitei de um referencial teórico que pudesse abarcar todos esses ideais e que, de fato, me auxiliasse a implementar esta proposta em sala de aula.

As experiências relatadas impulsionaram-me na realização desta dissertação de mestrado para o ensino de eletroquímica que procura dar ênfase ao uso das TDICs e das

---

<sup>1</sup> Recursos Midiáticos são os vários recursos tecnológicos existentes na unidade escolar, que possibilitam a informação e comunicação, pelos quais sejam possíveis a emissão e recepção de mensagens.

atividades experimentais e que tem como fundamentação teórica e metodológica os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel.

## INTRODUÇÃO

A realidade escolar em tempos atuais suscita entre os docentes em ciências a concretização de diversas estratégias didáticas, com as quais os estudantes possam resolver problemas e assimilar conhecimentos. Desse modo, é necessário pensar neste profissional como uma figura desafiada a usar o conhecimento científico e as tecnologias e implementar práticas pedagógicas inovadoras e criativas em sala de aula, mesmo considerando que tais situações supracitadas podem não ter sido incorporadas em sua formação inicial (SEIXAS, CALABRÓ e SOUSA, 2017).

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) são exemplos de recursos que estão presentes no meio pedagógico, como os aplicativos computacionais que, de acordo com Pauletti e Catelli (2018), oferecem uma grande margem de interação entre os participantes desse processo de ensino e aprendizagem. No entanto, esses recursos ainda continuam praticamente inexplorados pelas escolas.

No que tange ao uso educacional das TDICs, Pavanelli-Zubler e Jesus (2016) investigaram os dizeres dos professores de uma escola pública sobre como as tecnologias estão sendo aplicadas em suas práticas. Nesse viés, os professores argumentaram que as TDICs servem para ilustrar um conteúdo trabalhado em sala de aula, isto é, para complementar as atividades. Além disso, os professores expressaram que utilizam as TDICs como uma forma de concentrar e estimular os seus estudantes ao aprendizado. Em tese, os autores perceberam, nos relatos dos docentes, que a inserção das TDICs ocorre em práticas alicerçadas na educação tradicional, pois não foi possível identificar metodologias pedagógicas que efetivamente contemplassem a opção pelo uso das TDICs que valorizassem a produção do aluno.

Em contrapartida, mesmo que o professor procure capacitar-se para incorporar as TDICs em suas aulas, sabe-se que não basta apenas obter o conhecimento sobre como utilizar esses recursos modernos de ensino. É fundamental que a metodologia abordada esteja articulada com o novo recurso, caso contrário essa situação se resumirá a uma transposição de meios, deixando de lado o giz e a lousa para empregar dispositivos projetados na tela (SANTOS e RESENDE, 2014). Logo, fica evidente a relevância e a premência da formação inicial e continuada de qualidade aos docentes, garantindo o aperfeiçoamento de habilidades que lhes permita estabelecerem uma integração mais crítica das TDICs em suas aulas e, conjuntamente, que lhes proporcionem o papel de autoria de suas práticas (LEONEL, ROSA e ROSA, 2016).

Na pesquisa de Reis, Leite e Leão (2017), foi realizada uma revisão da literatura envolvendo trabalhos científicos que abordam as TDICs no ensino de ciências no período de 2007 a 2016. Os artigos analisados demonstraram estarem mais voltados à utilização de um recurso tecnológico em sala de aula do que necessariamente apresentar estratégias metodológicas sobre como aplicar esse recurso no âmbito do ensino e aprendizagem. Os autores afirmam que a comunidade científica pouco tem investigado sobre o uso das TDICs em sala de aula e, mediante essa lacuna, eles apontaram a importância do desenvolvimento de pesquisas que analisem práticas/estratégias em torno da aplicação adequada das TDICs.

No ensino de Química, Rolando et. al (2015) averiguaram a integração das TDICs, especificamente acerca da internet e de suas ferramentas na prática de docentes de Química do ensino médio. De forma geral, os professores pesquisados mencionaram que utilizam a internet para fins de socialização e para o estudo, todavia poucos relataram que contemplam essa TDIC no contexto didático. Os autores explicitam que os docentes aproveitam as ferramentas da internet para buscar recursos didáticos para a produção de suas aulas, bem como procuram materiais instrutivos e pedagógicos, tais como textos, apostilas, provas, artigos científicos, livros e vídeos. Contudo, fica evidente o uso predominante da internet distributiva, onde se encontram as informações prontas, mas que também são repassadas para os estudantes.

Como possibilidades para colaborar com o ensino de Química, algumas pesquisas recentes demonstram o uso das TDICs aliadas às atividades experimentais (SANTOS JUNIOR et al., 2016; SILVA e CINTRA, 2013; SIQUEIRA, SANTIN FILHO e CIRINO, 2018; PAULETTI, ROSA e CATELLI, 2014). No trabalho de Siqueira, Santin Filho e Cirino (2018), apresenta-se uma proposta didática na disciplina de Química com estudantes do segundo ano do ensino médio para identificar as potencialidades e as limitações de um software como recurso educacional, bem como a aplicação de atividades experimentais. Os autores salientam que o software utilizado forneceu subsídios para que os estudantes compreendessem e se apropriassem do conteúdo estudado, e principalmente dos fenômenos tratados como um todo. Em relação às atividades experimentais, elas mostraram-se eficazes no desenvolvimento de significados do conteúdo.

Conforme Catelan e Rinaldi (2018), a introdução de atividades experimentais não é uma prática regular e raramente integra o planejamento dos professores, devido a inúmeras adversidades como falta de local adequado, escassez de materiais, pouco

tempo disponível, carência de formação permanente, turmas numerosas, etc. Ainda assim, torna-se cabível a realização de uma reflexão sobre a importância de trabalhar com as atividades experimentais, haja vista que elas propiciam aos aprendizes a construção de conhecimentos significativos, pois ao procurar soluções, investigando, elaborando hipóteses, analisando dados, acabam lhes favorecendo a compreensão do conteúdo. Entretanto, os autores admitem que as atividades experimentais, sozinhas, não resolvem os problemas do ensino e aprendizagem, pois estas devem ser articuladas em conjunto com outras metodologias.

Perante as pesquisas supramencionadas, justifica-se a relevância da concretização de propostas de investigação no ensino, de forma particular na área da Química, que evidenciem estratégias metodológicas com o uso das TDICs e das atividades experimentais, as quais devam viabilizar um aprendizado significativo aos estudantes. Neste aspecto, quando se trata do desenvolvimento de um trabalho que busque contribuir para a construção significativa de conceitos científicos, valendo-se dos conhecimentos prévios dos estudantes e que não permitam um aprendizado puramente mecânico, pautado pela transmissão de conhecimentos, acreditamos que a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel configura-se como um referencial teórico que pode sustentar esse tipo de abordagem.

Ausubel é um representante do cognitivismo e preconiza uma explicação teórica ao processo de aprendizagem, tal como este ocorre em sala de aula, no cotidiano das escolas. Assim, ele considera que o fator mais importante e que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe, de modo que o professor tem como premissa organizar o ensino de acordo com os conhecimentos prévios de seus alunos (MOREIRA, 1999). Neste sentido, entende-se que, na TAS, quando uma nova informação interage com um conhecimento relevante já preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz, as novas ideias, conceitos e proposições podem ser aprendidos significativamente (AVILES e GALEMBECK, 2017).

Nascimento, Frenedozo e Schimiguel (2017) apontam que, no momento de investigar os conhecimentos prévios dos estudantes na TAS, as TDICs são recursos valiosos a serem empregados, pois o professor pode utilizar diversos tipos de instrumentos - questionários *online*, mapas conceituais elaborados em várias plataformas digitais, diários *online*, enquetes, etc. Ademais, os autores ponderam que ao elaborar estratégias didáticas de ensino, é possível contar com diversos recursos multimidiáticos que facilitam a exploração de distintas estruturas sensoriais. Além

disso, as TDICs possibilitam aos estudantes a troca de conhecimentos e experiências, estabelecendo pontes cognitivas e contribuindo para que eles realizem comparações, diferenciações, reconciliações entre diferentes conceitos, permitindo, assim, que as assimilações sejam reforçadas e que, de fato, ocorra a aprendizagem significativa.

Os mapas conceituais apoiam-se na TAS e são considerados diagramas hierárquicos que indicam relações entre conceitos e que buscam refletir a organização conceitual de uma disciplina, ou parte dela, assim a sua existência provém da estrutura conceitual de uma área de conhecimento (MOREIRA e ROSA, 1986). De acordo com Prediger, Rosa e Darroz (2017), que realizaram uma consulta e análise de artigos publicados em periódicos do ensino de ciências no período de 2006 a 2016 sobre a utilização de mapas conceituais, constatou-se que uma parte expressiva desses estudos relata que os mapas foram aplicados como estratégia de ensino que auxiliam o professor no planejamento e nas atividades instrucionais. Ademais, eles foram utilizados como ferramenta de avaliação da aprendizagem para analisar a compreensão dos conteúdos e da evolução conceitual e como um elemento que aponta indícios de aprendizagem significativa.

Silva, Silva e Aquino (2014) aplicaram os mapas conceituais como avaliação de estudantes do ensino médio para o conteúdo de eletroquímica, salientando o estudo de pilhas naturais. Os autores destacaram que o mapa conceitual é uma ferramenta flexível e dinâmica, que foca o ensino e a aprendizagem de conceitos, tendo em vista que, na Química, parte das vezes, os estudantes não compreendem os conteúdos por serem desconexos de sua realidade e também pelo fato de existir uma vasta quantidade de informações e fórmulas. Os resultados das análises dos mapas conceituais dos estudantes mostraram a importância do ensino teórico e prático, pois estudantes buscaram explorar bem os conceitos sobre eletroquímica, articulando relações com o que foi tratado nas atividades experimentais.

Dentre os conteúdos da Química, a eletroquímica estuda os processos que envolvem transferências de elétrons, de modo que isso permite a ocorrência de uma reação química que pode conduzir corrente elétrica ou que uma corrente elétrica externa pode forçar a ocorrência de uma reação química. Neste aspecto, Wartha, Guzzi Filho e Jesus (2012) apontam que a produção do conhecimento em Química resulta de uma dialética entre teoria, experimento, pensamento e realidade. Exemplo disso pode ser percebido na eletroquímica, pois a ideia de que os elétrons e/ou íons movem-se através uma solução é a maior fonte de erros dos estudantes, conseqüentemente, essas

dificuldades de compreensão acontecem, justamente, porque não existe uma integração dos diferentes níveis de representação da Química, sendo esses macroscópico, microscópico e simbólico.

Em consonância com as referidas pesquisas, a presente dissertação de mestrado apresenta como premissa o desenvolvimento de uma intervenção didática utilizando as TDICs e as atividades experimentais com enfoque ausubeliano para o ensino e a aprendizagem de eletroquímica, que é considerado um conteúdo que aborda diversos assuntos de natureza Química. Diante disso, foi delimitado, neste estudo, tratar somente das pilhas e baterias, visando trabalhar esses conteúdos de maneira científica, contextualizada e prática, levando para a sala de aula fatos e produtos do cotidiano, tendo em vista o interesse, a participação e a interação dos estudantes, dando relevância aos seus conhecimentos prévios para que os levem a aprender significativamente os novos conceitos.

Diante do exposto, a questão norteadora deste trabalho consiste em responder a seguinte pergunta: a abordagem de conteúdos de eletroquímica, com ênfase em pilhas e baterias, mediante a elaboração e a implementação de diferentes estratégias didáticas, sobretudo atividades experimentais e de TDICs, contribui para a aprendizagem significativa de conceitos eletroquímicos dos estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública, no município de Campo Grande – MS?

Nesta perspectiva, salienta-se que a proposta de pesquisa partiu das seguintes hipóteses:

- Aulas com uso das TDICs e das atividades experimentais podem favorecer a motivação dos alunos e o desenvolvimento de habilidades que proporcionarão a aprendizagem de eletroquímica.
- A organização do ensino que se respalda nos conhecimentos prévios dos alunos e a aplicação de uma intervenção didática embasada nos princípios da Teoria de Ausubel pode propiciar a aprendizagem significativa do conteúdo de eletroquímica.
- A utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação pode servir como subsídio para análise da aprendizagem significativa do conteúdo proposto.

Como as intervenções de ensino desta dissertação de mestrado estão sustentadas pela TAS, consideramos que a escolha desse referencial direciona-nos à reflexão sobre

como estabelecer melhorias para o ensino e o aprendizado de eletroquímica e perceber o real papel do professor e do estudante nesse processo educacional. Segundo a TAS, cabe ao professor a atitude de criar situações que induzam o estudante a expressar aspectos relevantes presentes em sua estrutura cognitiva e fazê-los interagir com os novos conhecimentos que são colocados em sala de aula. Nesse intuito, o professor deve atuar como um mediador que capta os significados e orienta o aprendizado significativo de seus estudantes.

Com isso, nesta dissertação elaboramos e aplicamos uma intervenção didática que foi organizada por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, que se configura como uma sequência de ensino voltada diretamente à sala de aula, com fundamentação teórica que visa a uma aprendizagem significativa e não mecânica (MOREIRA, 2011).

Portanto, nesta pesquisa, buscamos atingir os seguintes objetivos:

#### **Objetivo geral**

- Produzir e implementar uma UEPS embasada na TAS para investigar a aprendizagem significativa de conteúdos de eletroquímica, com ênfase em pilhas e baterias, mediante a aplicação de atividades experimentais e das TDICs.

#### **Objetivos específicos**

- 1) Identificar as concepções prévias dos estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública em relação alguns conteúdos de Química geral e eletroquímica;
- 2) Elaborar, aplicar e avaliar o potencial da UEPS, visando à construção de aprendizagem significativa para o conteúdo de eletroquímica;
- 3) Analisar as possíveis contribuições da utilização de mapas conceituais para o ensino de eletroquímica.

Esta investigação descreve o percurso para o desenvolvimento, aplicação e análise da intervenção didática. Assim, a presente dissertação está organizada da seguinte forma: No capítulo 1 (um), denominado Referencial Teórico, discutimos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, abordando os seus conceitos centrais, as formas e os tipos de aprendizagem significativa. Em seguida, apresentamos o propósito dos organizadores prévios no ensino, descrevemos os princípios programáticos da organização do conteúdo de ensino e trazemos, ao final, uma

abordagem acerca dos mapas conceituais e sua aplicação nas aulas e na avaliação de aprendizagem.

O capítulo 2 (dois) trata da revisão da literatura e está dividido em três seções: na primeira, intitulada “Ensino e aprendizagem em eletroquímica no ensino médio”, tecemos considerações sobre as dificuldades de aprendizagem dos estudantes em relação à eletroquímica e sobre como ocorre o ensino deste conteúdo no ensino médio. Na segunda, denominada “As TDICs no ensino de Química”, apresentamos diversos estudos que tratam da relevância das tecnologias no dia a dia dos estudantes, bem como as suas potencialidades no contexto educacional, os desafios postos à prática docente ao introduzir esses recursos em sala de aula e finalizamos com as contribuições que as TDICs podem proporcionar ao ensino de eletroquímica. A terceira discussão destaca as atividades experimentais no ensino de Química, as suas principais modalidades apontadas por alguns autores, os obstáculos para inserir essa prática nas aulas e terminamos com uma investigação na literatura dos artigos que trabalham com as atividades experimentais no ensino de eletroquímica.

O capítulo 3 (três) é destinado à explicação do percurso metodológico, onde pontuamos a sua fundamentação, o contexto e os sujeitos envolvidos na pesquisa, os instrumentos de dados, a metodologia de análise e a descrição detalhada da aplicação da sequência didática.

No capítulo 4 (quatro), resultados e discussão, é apresentada de forma minuciosa a análise e a discussão dos dados levantados a partir dos vários instrumentos utilizados na metodologia.

No último capítulo, apresentamos as considerações finais por meio de uma apreciação geral dos dados obtidos e retomamos a nossa questão norteadora, os objetivos, para apontarmos as contribuições desta pesquisa no ensino e no aprendizado significativo de eletroquímica.

## CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A teoria de David Ausubel (1918-2008) é considerada uma teoria cognitiva de aprendizagem. Ausubel formou-se em Medicina, Psicologia e Psiquiatria, porém, no âmbito acadêmico, dedicou-se à Psicologia educacional, interessando-se principalmente pela aprendizagem e pelo ensino em sala de aula (MOREIRA e MASSONI, 2015).

Como outros teóricos do cognitivismo, Ausubel acredita que existe, no sujeito, uma estrutura na qual se processa a organização e a integração de seus conhecimentos, sendo essa denominada como estrutura cognitiva, que pode ser entendida como a disposição hierárquica de conceitos que são abstrações de experiências do sujeito (MOREIRA e MASINI, 1982).

Desse modo, a ideia central da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) pode ser sintetizada na seguinte premissa descrita no principal livro de Ausubel, intitulado como *Psicologia Educacional*:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.viii).

Ausubel preconiza que a essência do processo da aprendizagem significativa incide na situação de que as novas informações interagem de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária com aquilo que aluno já sabe (MOREIRA, 2012).

O termo substantividade expressa que o que é introduzido à estrutura cognitiva do sujeito é a “substância” do novo conhecimento, isto é, as ideias e não as palavras precisas empregadas para expressá-las, uma vez que um conceito ou proposição podem ser expressos de diversos modos, por meio de diferentes signos, que equivalem em termos de significado. A maneira não arbitrária significa que a interação não ocorre com qualquer ideia prévia, mas com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimentos do indivíduo, assim denominado como subsunçor (MOREIRA, 1997b).

Assim, alguns conhecimentos podem ser considerados ideias-âncora e são denominados como *subsunçores*. *Subsunçor* é um termo que deriva do verbo subsumir que significa inserir-se, ancorar-se, em um todo mais amplo. Porém, essa inserção, ou ancoragem, não reporta a uma submissão, porque consiste em um processo interativo, de modo que os dois conhecimentos transformam-se, sendo que o novo recebe

significados e o *subsunçor* fica mais repleto de significados, mais estável e, conseqüentemente, “mais forte” (MOREIRA e MASSONI, 2015).

Portanto, para Moreira (2006a), *subsunçor* pode ser um conceito, uma ideia, uma proposição que se encontra na estrutura cognitiva, instruído a servir de “ancoradouro” a um novo conhecimento para que possa propiciar significado ao indivíduo. O autor ainda comenta que, para basear a situação de ensino de acordo com o que o aluno já sabe, é preciso desvelar os seus conhecimentos prévios, bem como as suas inter-relações e a sua organização.

Dessa forma, a partir do momento que uma nova informação é relacionada com um conceito *subsunçor* do aprendiz, essa nova informação passa a ter significado para ele, sendo que esse é um significado meramente seu, podendo estar mais ou menos próximo ou afastado do denominado significado científico, referindo-se aquele que é compartilhado pelos membros da comunidade que domina cientificamente essa nova informação, isso indica que a aprendizagem significativa não quer dizer aprendizagem cientificamente correta (VALADARES, 2011).

Em contraste com a aprendizagem significativa, Ausubel esclarece sobre a aprendizagem mecânica, compreendida como aquela em que as novas informações praticamente não interagem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A partir disso, entende-se que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não se ligando a conceitos *subsunçores* e pouco ou nada favorecendo para a sua elaboração e diferenciação (MOREIRA, 2006a).

Diante disso, existem duas condições para a ocorrência de aprendizagem significativa, que Ausubel, Novak e Hanesian (1980) assinalam em sua teoria, pela qual advém que o aluno precisa apresentar uma predisposição para aprender e que o material de aprendizagem deva ser potencialmente significativo.

Entretanto, para que o material seja dito potencialmente significativo, isso implica dois fatores primordiais, os quais envolvem a natureza do material de ensino e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Em relação à natureza do material, é necessário possuir significado lógico, partindo da possibilidade da interação de maneira substantiva e não arbitrária entre material e ideias que sejam significativas, direcionadas ao domínio da capacidade humana de aprender. No que diz respeito à natureza da estrutura cognitiva do aluno, nela, devem estar presentes os conceitos *subsunçores* específicos, com os quais o novo material é relacionável (MOREIRA, 2012).

Por conseguinte, quando se trata da predisposição do estudante para o aprendizado, devemos considerar que o aprender ocorre com cada um na sua individualidade, o que, de certa forma, implica o envolvimento de várias relações como: do ser que aprende com o objeto de conhecimento, mediante situações inerentes; a interação aprendiz e professor em um ambiente cultural e social ao que estão inseridos (MASINI, 2011). Como resultado, essa condição de fazer com que o estudante queira relacionar os novos conhecimentos, de maneira substantiva e não-arbitrária, a seus conhecimentos prévios, não se concebe como uma tarefa fácil (MOREIRA, 2012).

Em tese, independentemente se o material seja potencialmente significativo, se o aprendiz tem a intenção apenas de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como o produto da aprendizagem serão meramente automáticos. E, de forma mútua, mesmo que o aprendiz esteja satisfatoriamente disposto a aprender, nem o processo e nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Neste aspecto, Lemos (2011) pressupõe que essas condições mostram que o processo de ensino e aprendizagem exige corresponsabilidade do professor e do estudante. Assim, o professor precisa identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e a natureza do material a ser ensinado, como também estar embasado teoricamente para construir um material potencialmente significativo, por sua vez, o estudante deve procurar captar efetivamente os significados ensinados, para interpretá-los, negociá-los e relacioná-los com os seus conhecimentos.

Diante disso, percebemos a relevância de buscar possibilidades, sobretudo no ensino de ciências, para favorecer a predisposição do estudante em aprender significativamente. Dentro desse contexto, Faccin e Garcia (2017) recomendam que o professor realize um envolvimento do conteúdo estudado com situações que já fossem do conhecimento do estudante, não necessariamente as situações iniciais, empregadas para averiguar os conhecimentos prévios dos estudantes, mas no decorrer de toda intervenção didática como nas situações problemas, no aprofundamento do conteúdo, nas avaliações, etc.

Em consonância com essa ideia, Moreira e Massoni (2015) apontam que a predisposição para aprender deve ser sempre despertada. Por essa razão, a contextualização inicial nas situações de ensino é essencial, isto é, deve fazer sentido para o estudante, para isso precisa fazer parte da sua realidade, ainda que,

sucessivamente, as situações possam ir ficando descontextualizadas, abstratas, mas as primeiras necessitam gerar a predisposição.

Neste sentido, os autores destacam que:

É o aprendiz quem decide “o que fazer” em sua estrutura cognitiva para “dar conta” das “perturbações” que são os novos conhecimentos. Muitas vezes é muito mais fácil memorizar mecanicamente (i.e., decorar) novos conhecimentos do que “mexer” na estrutura cognitiva para inseri-los significativamente. (MOREIRA e MASSONI, 2015, p. 34).

Quanto ao ensino de ciências, os autores enfatizam que, geralmente, as aulas incentivam uma aprendizagem mecânica com as fórmulas, as equações, as reações químicas, entre outros. Portanto, evidencia-se que uma das maneiras de instigar o estudante para o ato do aprender seria tentar relacionar parte ou toda a conjuntura do ensino com as vivências, concepções e curiosidades dele, além de aproveitar os recursos que fazem parte do cenário atual e pedagógico, como as TDICs e as atividades experimentais.

Mediante as ponderações expostas, que buscam elucidar o conceito central da teoria de Ausubel, que constitui a aprendizagem significativa, bem como as condições plausíveis para que ocorra essa aprendizagem, veremos a seguir as formas e os tipos de aprendizagem significativa.

### 1.1.1 FORMAS E TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel difere três formas de aprendizagem significativa, que são: por subordinação, por superordenação e de caráter combinatório. Ademais, identifica três tipos de aprendizagem significativa que podem ser designadas como: aprendizagem representacional, aprendizagem de conceitos e aprendizagem proposicional.

O processo de vincular novos conhecimentos que se subordinam, ou seja, “ancoram-se” a conhecimentos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz remete à aprendizagem subordinada. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a estrutura cognitiva busca organizar-se de modo hierárquico, conforme o nível de abstração, generalização e abrangência dos conhecimentos, com tal característica, uma nova estrutura proposicional significativa retrata, comumente, uma subordinação do novo conhecimento à estrutura cognitiva. Mediante isso, Ausubel indica a necessidade de distinguir dois tipos de aprendizagem subordinada, fazendo-o em derivativa e correlativa.

A aprendizagem subordinada derivativa acontece quando o novo material de aprendizagem é entendido como um exemplo específico de um conceito já formado na estrutura cognitiva do sujeito ou também pode ser um modo de ilustrar uma proposição geral, previamente adquirida. Por sua vez, a aprendizagem subordinada correlativa é aquela na qual o novo conteúdo consiste em uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições obtidas anteriormente (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Analisando os apontamentos de Ausubel sobre a organização da estrutura cognitiva, que, por sua vez, tende a ser dinâmica e hierárquica, podemos compreender a ocorrência da aprendizagem superordenada que se dá quando o aprendiz percebe semelhanças e diferenças entre conhecimentos e, desse modo, faz uma reorganização cognitiva, em que um determinado conhecimento passa a abranger outros e torna-se hierarquicamente superior (MOREIRA, 2013).

Um exemplo que pode ser atribuído à aprendizagem superordenada é quando uma criança atinge o entendimento de conceitos de cão, gato, leão, etc. e, após essa concepção, ela pode compreender que todos eles são subordinados ao conceito de mamífero. Consequentemente, a partir do momento que o conceito de mamífero é formado, os conceitos já aprendidos apropriam-se da condição de subordinados e, ao conceito de mamífero, evidencia-se, então, uma aprendizagem superordenada (MOREIRA, 2006a).

Em contrapartida, a aprendizagem combinatória decorre pela interação do novo conhecimento com uma disponibilidade ampla de conhecimentos prévios de um sujeito, isto é, com um *background* de conhecimentos. Moreira e Massoni (2015) ilustram essa forma de aprendizagem quando argumentam que, para dar sentido à expressão  $E = m.c^2$ , não implica ao aprendiz apenas conhecer o que significa “e”, “m” e “c”, considerando, neste caso, a necessidade de possuir uma base vasta de conhecimentos de física para, de fato, conceder significado à equivalência entre massa e energia abordadas na expressão.

Para visualizarmos essas três formas de aprendizagem significativa, a figura 1 (um) apresenta um mapa conceitual elaborado por Moreira (2013), que aborda também os tipos de aprendizagem significativa.

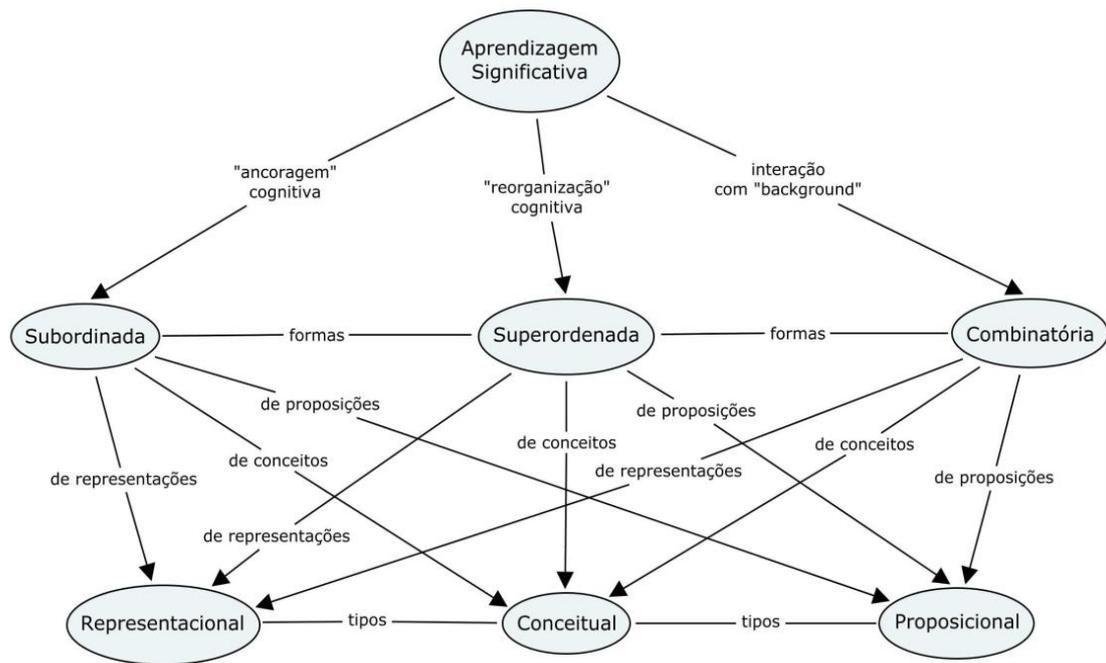


Figura 1. Um mapa conceitual elucidando as formas e tipos de aprendizagem significativa.  
 Fonte: Moreira (2013).

Com relação ao tipo de aprendizagem denominada representacional, podemos considerar que tal aprendizagem consiste na mais elementar, sendo que, conseqüentemente, ela condiciona todos os outros aprendizados significativos e resulta em aprender o significado de símbolos particulares (em princípio palavras) ou aprender o que eles representam (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Para exemplificar a aprendizagem representacional, Moreira (2012) afirma que se, para uma criança a palavra mesa (um símbolo linguístico) constitui somente a mesa de sua casa, podemos dizer que ela não possui ainda o conceito de mesa, admitindo apenas uma “representação”. De maneira similar, vale para um adulto que em face a fenômenos e objetos envolvidos aos quais não identificou atributos e regularidades que explicariam o conceito correspondente.

Ressaltamos que a aprendizagem representacional aproxima-se da aprendizagem por memorização, isto é, a aprendizagem mecânica, porém ela é significativa, pois o símbolo significa um referente concreto. Em contrapartida, na aprendizagem mecânica, a relação símbolo – objeto/fenômeno é tão somente associativa, não conotando algum significado (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2012).

A aprendizagem representacional tem relação com um segundo tipo de aprendizagem significativa, que se refere à aprendizagem de conceitos. Assim posto, Ausubel (2003) define “conceitos” como objetos, acontecimentos, situações ou

propriedades que têm atributos particulares comuns e são determinados pelo mesmo signo ou símbolo.

Neste caso, Moreira (2012) retoma o exemplo da mesa para apontar que quando uma pessoa tem o “conceito” de mesa formado, prontamente, o símbolo mesa retrata uma imensidade de objetos (não somente um como na ocorrência da aprendizagem representacional) com atributos, propriedades, características comuns. Em razão disso, podemos entender que, para chegar ao conceito de mesa, supostamente, o indivíduo decorreu representações de mesa. Contudo, quando se elabora o conceito, ele sobrevém a ser representado por um símbolo, que, em tese, deva ser linguístico.

Portanto, a aprendizagem conceitual acontece quando o indivíduo constata regularidades em fenômenos ou objetos e de tal modo busca representá-los, através de determinados símbolos, não necessitando mais de um referente concreto do fenômeno ou objeto para atribuir significado a esse símbolo (MOREIRA, 2012).

Na aprendizagem proposicional, a intenção está em aprender o significado das ideias expressas verbalmente, por meio de conceitos em forma de proposição. Nisso, cabe enfatizar que as aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisitos para a proposicional, apesar de que a tarefa para compreender o significado de uma proposição não está meramente voltada à somatória dos significados dos conceitos e palavras considerados nela (MOREIRA, 2012).

A partir disso, Moreira (2006a) explica que uma proposição potencialmente significativa, abordada verbalmente em uma sentença, abrangendo os significados denotativos e conotativos dos conceitos envolvidos, relaciona-se com ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva e, assim, surgem os significados da nova proposição.

Vistos, até então, as formas e os tipos de aprendizagem significativa, descreveremos adiante como organizar a instrução conforme a TAS, assinalando essencialmente os princípios programáticos da organização do conteúdo de ensino.

### 1.1.2 A ORGANIZAÇÃO DO ENSINO NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel apresenta na TAS os princípios programáticos da organização do conteúdo de ensino que são denominados por ele de diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial, consolidação e a estratégia dos organizadores prévios.

No princípio de diferenciação progressiva, o conteúdo é programado e, inicialmente, apresentado a partir das ideias mais gerais e mais inclusivas, que, assim, são progressivamente diferenciadas, através de detalhes e especificidades, corroborando com a maneira que o conhecimento é interpretado, organizado e assimilado no sistema cognitivo de uma pessoa (MOREIRA, 2012).

Ao preconizar esse princípio, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) apresentam como embasamento dois pressupostos:

1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas. 2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste de uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p 159).

Considerando a organização da estrutura cognitiva do sujeito, nada mais coerente do que preparar o conteúdo de ensino conforme o processo de diferenciação progressiva. Partindo de um mapeamento inicial, daquilo que será ensinado ao aluno, com a premissa de identificar os conceitos estruturantes, chaves e fundamentais, como também as proposições que sejam gerais e inclusivas, inicia-se o ensino com eles (MOREIRA, 2013).

Contudo, a organização do ensino deve não só propiciar a diferenciação progressiva, também é necessário contemplar a reconciliação integrativa que visa explorar as relações entre conceitos e proposições, assinalar semelhanças e diferenças expressivas e reconciliar as inconsistências aparentes e reais do assunto estudado (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Logo, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são dois processos concomitantes e imprescindíveis à construção de conhecimentos dos estudantes, pois, de acordo como Moreira e Massoni (2015), se somente diferenciarmos sucessivamente os significados, tais conhecimentos ficarão compartimentados, isolados e não relacionados. No entanto, se apenas integrarmos e reconciliarmos os significados demasiadamente, concluiremos que esses conhecimentos ficarão indistinguíveis. Por isso, para aprender de forma significativa, é necessário conciliar essas duas premissas, isto é, diferenciar e integrar os conhecimentos simultaneamente, confirmando com a conjectura de que a estrutura cognitiva não é estática.

Além dos processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, Ausubel recomenda a organização sequencial, um princípio que se restringe em sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de maneira que tenha uma correspondência (observados os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) com as relações de dependência naturalmente presentes entre eles na matéria de ensino (MOREIRA, 2006a). Assim, a organização sequencial pode ser muito eficaz, porque a cada novo conhecimento introduzido na matéria de ensino, ele servirá como um embasamento para a aprendizagem subsequente (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Outro princípio que Ausubel insiste é a consolidação, que, por sua vez, está relacionada ao domínio de conhecimentos prévios, fazendo-o antes de introduzir novos conhecimentos no processo de ensino. De certa forma, esse princípio apresenta uma congruência com a concepção básica da teoria que está voltada ao conhecimento prévio como a variável que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos. Portanto, evidencia-se a importância da persistência no domínio do conhecimento prévio para o sucesso na aprendizagem do novo material (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2012).

Nesse contexto, Moreira (2006a) adverte que a “aprendizagem para o domínio”, como supracitado no princípio de consolidação, direciona-se facilmente à aprendizagem mecânica, porém o autor enfatiza que a preocupação de Ausubel está intrinsecamente focada com a clareza e a estabilidade da estrutura cognitiva do sujeito, diferentemente das características e dos objetivos comportamentalistas.

Ademais, a principal estratégia defendida por Ausubel para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva são os chamados organizadores prévios, que correspondem a um “ancoradouro provisório” para a nova aprendizagem e estimulam ao progresso de conceitos, ideias e proposições relevantes que promovam a aprendizagem significativa do aprendiz (MOREIRA, 2008).

Portanto, para Ausubel, os organizadores prévios são sugeridos como um recurso facilitador da aprendizagem significativa e que são geralmente apresentados antes do material de aprendizagem, sendo que, na prática, podem servir como “ponte” entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que necessariamente precisa conhecer, antes de aprender significativamente com a tarefa atribuída (MOREIRA, 2013).

Mediante o entendimento de que os organizadores prévios são essenciais para facilitar a aprendizagem significativa, Moreira (2008) aponta que eles devem:

- 1 - identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 - dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 - prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos (MOREIRA, 2008, p. 3).

Os organizadores prévios auxiliam a diferenciação progressiva no alcance em que são empregados no início de cada novo tópico, ou a cada nova unidade didática, apontando como esse tópico ou essa unidade diferencia-se de tópicos e unidades anteriores. Além disso, pode provocar a reconciliação integrativa quando esquematiza as similaridades e diferenças entre novas concepções e aquelas já presentes na estrutura de conhecimentos de quem aprende (MOREIRA, 2013).

Como exemplos de organizadores prévios, podemos considerar um texto, uma discussão, uma demonstração, um filme, um vídeo, uma simulação computacional, dentre diversas outras possibilidades, de forma que depende da situação da aprendizagem na qual o aluno está envolvido, pois o que apresenta bons resultados com um aluno poderá não funcionar com outro (MOREIRA, 2006a).

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ressaltam que quando, para o aprendiz, o novo conhecimento é relativamente não familiar, podemos usar um organizador “expositório” a fim de oferecer *subsunçores* próximos que devam servir como um ancoradouro inicial do novo material a ser aprendido. Todavia, se o aprendiz já possui alguma familiaridade com o novo conhecimento, é usado um organizador “comparativo” tanto para integrar as ideias novas com os conceitos similares na estrutura cognitiva, como para perceber diferenças entre ideias novas e ideias prévias que são essencialmente distintas, porém confundíveis.

Além disso, Souza e Moreira (1981) destacam o uso dos pseudo-organizadores prévios que são materiais introdutórios destinados a favorecer a aprendizagem de vários tópicos, como capítulos ou unidades de estudo, sendo que existe uma diferença destes com os organizadores prévios. Desse modo, na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico ou de ideias intimamente relacionadas.

Mediante, as ponderações e o entendimento em torno dos princípios programáticos para a organização do conteúdo, Moreira (2006a) propõe um modelo

para planejar e ministrar a instrução baseada na teoria de Ausubel, que está apresentado na figura 2 (dois).

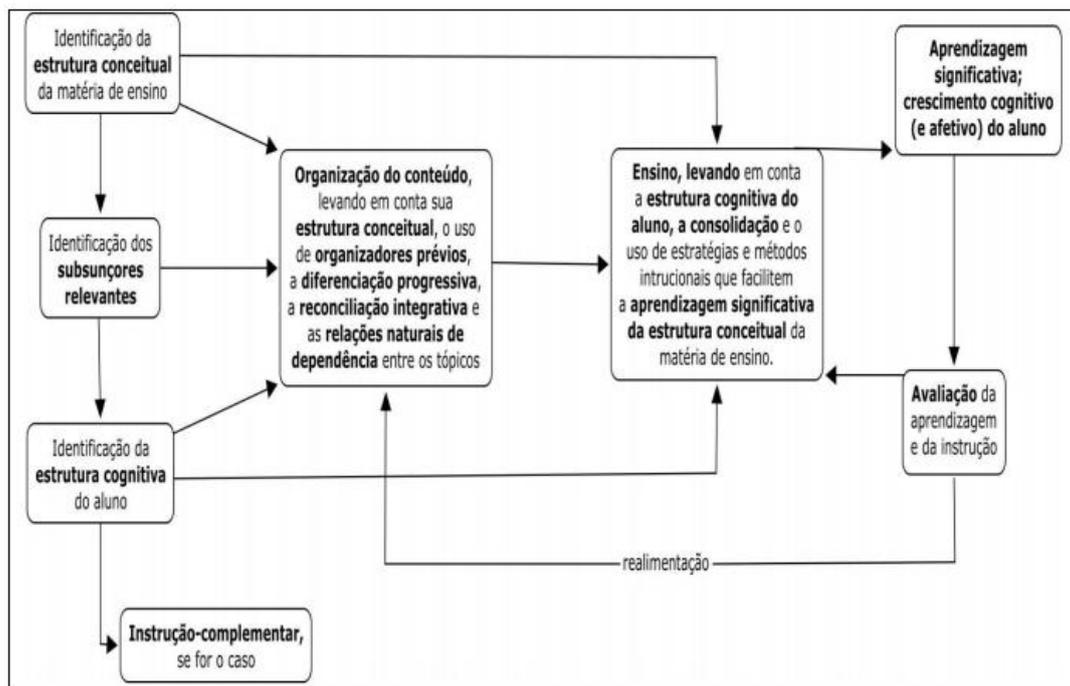


Figura 2. Modelo para organizar a instrução conforme a teoria de Ausubel.

Fonte: Moreira (2006a).

A esquematização do modelo de Moreira (2006a) norteia o professor a iniciar a instrução de ensino pela tarefa de mapear a estrutura conceitual do que vai ser ensinado. Logo, isso deverá investigar quais os *subsunçores* relevantes para a aprendizagem desse conteúdo, além de identificar a estrutura cognitiva do aluno, buscando a ocorrência de *subsunçores*. Caso aconteça de o professor verificar que não existem *subsunçores* relevantes para a aprendizagem do novo material, a etapa seguinte ocorrerá por meio da estratégia dos organizadores prévios.

Ao concretizar tais orientações observadas no modelo, é preciso avançar para a organização do conteúdo que embasará a sua estrutura conceitual, através do uso de organizadores prévios, dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e da organização sequencial. Feito isso, o conteúdo terá significado lógico, podendo ser potencialmente significativo, mediante os *subsunçores* adequados disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.

A próxima etapa respalda-se sobre o ensino do conteúdo, que, para isso, precisará considerar a estrutura cognitiva do aluno, a consolidação e o uso de estratégias e métodos instrucionais que permitam a aprendizagem significativa da matéria de ensino, a fim de que tal aprendizagem seja retida e transferida, isto é, aplicada na

solução de problemas. No modelo construído, o autor expõe que, na aprendizagem significativa, o crescimento cognitivo está vinculado ao crescimento afetivo, ou seja, esse crescimento cognitivo pode induzir à motivação do aluno e fazer com que ele tenha uma predisposição para aprender.

Assim concluindo, no entendimento do modelo, Moreira (2006) aborda a avaliação da aprendizagem e da instrução, ressaltando que ela é essencial em uma abordagem ausubeliana, desde que o ensino tenha sido organizado de forma a facilitar a aprendizagem significativa.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a avaliação é fundamental na TAS pelas conseqüentes causas: 1) pela importância de verificar o que aprendiz já conhece, antes de ensiná-lo; 2) pela importância de sondar como se sucede a sua aprendizagem para poder corrigi-la, esclarecê-la e consolidá-la; 3) pela importância de vigiar a eficiência de diferentes métodos de ensino e de diversas formas de organizar e sequenciar a matéria de ensino (currículo), bem como analisar até que ponto os seus objetivos estão sendo atingidos.

Por conseguinte, ao descrevermos os princípios programáticos da organização do ensino na TAS e ao apresentarmos o modelo recomendado por Moreira (2006) para preparar e ministrar o ensino baseado em uma concepção ausubeliana, abordaremos, a seguir, as etapas para elaboração de uma UEPS.

### **1.1.3 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS - UEPS**

A maioria dos materiais tradicionais observados em nossas salas de aula não apresenta uma estrutura entrelaçada com a aprendizagem significativa e nem tão pouco é considerada atrativa e interessante no ponto de vista dos alunos. Desse modo, para conferir ao material o status de ser potencialmente significativo, Lara e Sousa (2009) elencam alguns aspectos:

Um material potencialmente significativo deve poder ser 'incorporável' de várias maneiras aos conhecimentos dos alunos. Assim, após avaliar quais seriam os seus conhecimentos sobre o assunto, há que se procurar diversas maneiras de relacionar o novo conhecimento com eles. Além disso, a possibilidade de uso de diversos recursos como sons, imagens, cores, animações, simulações e demais recursos multimídia, abre um leque muito grande de possibilidades de relação com aquilo que o sujeito já conhece. Uma intervenção didática que valorize o discurso dos alunos, a interação entre os mesmos e também entre eles e o professor, pode facilitar esse processo de relacionar a nova informação com aquela já existente. (LARA e SOUSA, 2009, p. 64).

Tendo em vista esse tipo de material, Moreira (2011) propôs as Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que correspondem a sequências de ensino, embasadas teoricamente e que visam contribuir para um processo de ensino e aprendizagem significativo, que, por sua vez, buscam distanciar-se da aprendizagem mecânica.

As UEPS têm como fundamentação a TAS de David Ausubel, mas também procuram envolver as visões clássicas e contemporâneas relacionadas à aprendizagem cognitiva, como as propostas por Joseph D. Novak, Gérard Vergnaud, Lev Vygotsky, D.B. Gowin, Philip Johnson-Laird e Moreira (MOREIRA, 2011).

Logo, percebemos que as UEPS são respaldadas por várias concepções teóricas de aprendizagem e, conforme Moreira (1988), por mais que alguns professores desconsiderem essas teorias em sua instrução, cabe destacar que a sua prática docente é fortemente influenciada por elas. Nesse viés, o professor que busca ignorar o domínio teórico da ação docente estará trabalhando na base do ensaio-e-erro, acompanhando modismo, reproduzindo e imitando as intervenções dos colegas e, sobretudo, usando materiais instrucionais sem saber qual a orientação teórica embasa esses recursos.

Por isso, diante de todos esses precursores, Moreira (2011), organizou diversos princípios que devem ser considerados na construção de uma UEPS, sendo esses:

- O conhecimento prévio é o fator que mais influencia a aprendizagem significativa;
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no sujeito que aprende; ao passo que a aprendizagem é significativa, essa integração é positiva e construtiva.
- O estudante tem autonomia para decidir se deseja aprender significativamente determinado conhecimento;
- Os organizadores prévios apresentam a relação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- As situações-problemas promovem sentido aos novos conhecimentos; neste caso, elas devem ser concebidas para instigar a intenção do estudante para a aprendizagem significativa;
- Situações- problema podem servir como um organizador prévio;
- As situações-problemas devem ser elaboradas a partir de um grau de complexidade crescente;

- Mediante uma nova situação, para, inicialmente, resolvê-la, é necessário construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que consiste num análogo estrutural dessa situação;
- Os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, bem como a consolidação, devem ser levados em consideração na organização do material de ensino;
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser realizada em condições de procuras de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- O papel do professor é criar e aplicar situações-problema, cuidadosamente selecionadas, sendo um organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do estudante;
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados;
- Um episódio no ensino abrange uma relação triádica entre estudante, professor e materiais educativos, de modo que o intuito é orientar o estudante a captar e compartilhar significados que estão de acordo com o contexto da matéria de ensino. Essa relação poderá ser quadrática, quando o computador não for empregado somente como material educativo;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- A aprendizagem significativa crítica é favorecida pela procura de respostas, ao contrário da memorização de respostas conhecidas, através do uso de vários materiais e estratégias, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no estudante.

A partir disso, para a construção da UEPS, Moreira (2011) aponta uma sequência de oito etapas que devem ser respeitadas e que estão apresentadas de forma concisa no Quadro 1 (um), que se encontra na sequência.

Quadro 1. Sequência de etapas para a construção de uma UEPS.

<b>Etapas</b>	<b>Descrição das etapas</b>
I. Definir o conteúdo	Estabelecer o tópico específico a ser estudado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como admitidos no contexto da matéria de ensino em que se situa esse tópico.
II. Criar/propor situação(ões) para desvelar os conhecimentos prévios	Elaborar e propor intervenções que induzam o estudante a externalizar seus conhecimentos prévios, aceitos ou não-aceitos nas circunstâncias da matéria de ensino, que sejam possivelmente relevantes para aprendizagem significativa do tópico em pauta, para tanto, podem-se utilizar várias estratégias

	como: discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc.
III. Propor situações-problema iniciais	Apresentar situações-problemas que preparem a introdução do conteúdo que se pretende ensinar, considerando os conhecimentos prévios dos estudantes; estas situações-problema iniciais podem contemplar o conteúdo em pauta, porém não para começar a ensiná-los; tais situações-problema podem atuar como organizador prévio; estas situações devem assegurar sentido aos novos conhecimentos, dado que precisam despertar o interesse dos estudantes pelo assunto, assim os mesmos devem percebê-las como problemas e, com isso, serem capazes de modelá-las mentalmente. Deste modo, estas situações-problema podem ser inseridas, por meio das seguintes estratégias: simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc. O professor deve-se atentar para empregar essas estratégias de forma acessível e problemática, não como exercícios de aplicação rotineira.
IV. Apresentar o conhecimento a ser ensinado, por meio da diferenciação progressiva	Após trabalhar com as situações iniciais, é necessário tratar do o conhecimento a ser ensinado/aprendido, tendo em vista a diferenciação progressiva, assim introduzindo aspectos mais gerais, inclusivos, mostrando uma visão inicial do todo, do que é mais relevante na unidade de ensino, dando prosseguimento com exemplificações, apontando aspectos específicos. Neste sentido, pode-se utilizar como estratégia de ensino: uma breve exposição oral acompanhada de atividade colaborativa em pequenos grupos, posto que, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.
V. Nova apresentação para retomar os aspectos mais gerais, estruturantes daquilo que efetivamente se pretende ensinar	Em uma nova apresentação, na qual se pode utilizar outra breve exposição oral, um recurso computacional, um texto, entre outras estratégias, porém abordando-os em um nível mais alto de complexidade em relação à apresentação anterior; as situações-problema devem ser propostas com um grau crescentes de complexidade. Além disso, exemplificar os conhecimentos trabalhados, enfatizando-os a partir de suas semelhanças e diferenças, visando promover a reconciliação integradora. Posteriormente, realizar uma atividade colaborativa, que faça com que os estudantes se interajam, negociando significados e o que professor seja um mediador, de forma que esta atividade pode ser: a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc.
VI. Concluindo a unidade, contemplando os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação	Desenvolver uma terceira apresentação, dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva, retomando as particularidades mais importantes do conteúdo, entretanto em uma abordagem integradora, isto é, buscando uma reconciliação integrativa; tal procedimento deve ser concretizado por meio de nova apresentação de significados, na qual novamente pode-se introduzir uma breve exposição oral, a

integrativa	leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, etc.; cabe salientar, que o importante não é a estratégia, em si, mas a maneira, pela qual o conteúdo da unidade será trabalhado; em seguida a esta apresentação, novas situações-problemas devem ser aplicadas e desenvolvidas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações precisam ser esclarecidas em atividades colaborativas, sempre com a mediação do professor.
VII. Avaliação da aprendizagem	A avaliação da aprendizagem por meio da UEPS, deve ser realizada no decorrer de sua implementação, assinalando tudo que pode ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; após a sexta etapa, deve haver uma avaliação somativa individual, em que deverão ser abordadas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, principalmente, alguma capacidade de transferência, sendo que tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do estudante na UEPS deverá estar alicerçada, em conformidade, tanto na avaliação formativa como na avaliação somativa.
VIII. Avaliação da UEPS	A UEPS somente terá um bom êxito se a avaliação de desempenho dos estudantes propiciar evidências de aprendizagem significativa, por meio da captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problemas. Assim, considerando que a aprendizagem significativa é progressiva, o que justifica a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Fonte: Moreira (2011).

Uma das estratégias que podem ser utilizadas em situações de ensino presentes em uma UEPS é os mapas conceituais. Desse modo, veremos aspectos relevantes relacionados aos mapas conceituais e as suas contribuições no aprendizado significativo e na avaliação da aprendizagem.

## 1.2 MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais foram elaborados na década de 70 do século passado, por Joseph D. Novak, professor da Universidade de Cornell nos Estados Unidos, que trabalha principalmente com áreas de biologia e educação. Novak considera os mapas conceituais como uma forma de organizar os conhecimentos na instrução e, para os alunos, é um subsídio no levantamento de conceitos-chave de palestras, leituras, materiais instrucionais, etc. (NOVAK, 2000). Por isso, até então, os mapas conceituais

consistem em uma técnica valiosa para o ensino, para a avaliação da aprendizagem e para a investigação do conteúdo curricular.

Segundo Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais têm como propósito representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. À vista disso, no modo mais básico, um mapa conceitual pode apresentar apenas dois conceitos unidos por uma palavra de ligação, formando, assim, uma proposição.

Portanto, os mapas conceituais são representações externas que manifestam representações internas, isto é, mentais, de um sujeito que construiu o mapa. Conforme Moreira (2013), não existe um mapa conceitual correto, sendo cada mapa um mapa e, conseqüentemente, uma representação externa de quem o fez. Assim, não é correto induzir o aluno a produzir um mapa conceitual a partir do “mapa do professor”, do “mapa do livro didático”, isso seria um aspecto concernente ao comportamentalismo.

Ao aplicar, no ensino, os mapas conceituais, preferencialmente, deve-se escolher um momento em que os alunos já estejam interados do assunto estudado. Dessa forma, os mapas podem ser empregados para integrar e reconciliar relações entre conceitos e fomentar a diferenciação conceitual. Entretanto, é necessário que o professor explique ou guie o aluno por meio do mapa, para que os conceitos e as linhas que unem os conceitos tenham, de fato, significado ao aluno (MOREIRA, 2006b).

Peña (2005) aponta algumas ideias-chaves que precisamos considerar, antes de ensinarmos aos alunos a construção dos mapas conceituais em sala de aula, sendo elas:

- Os mapas conceituais reúnem um número pequeno de conceitos e ideias.
- Precisa-se entender o significado de um conceito, por meio de exemplos, análises de ideias simples.
- Os mapas são organizados de forma hierárquica, onde os conceitos mais gerais devem ser posicionados na parte superior e os menos inclusivos na parte inferior.
- É fundamental separar conceitos e palavras de ligação, compreendendo que cada um apresenta diferentes funções na transmissão do significado, mesmo, às vezes, sendo unidades básicas da linguagem.
- Os mapas conceituais servem para visualização dos conceitos e de suas relações hierárquicas.
- Os mapas conceituais retratam, com clareza, a organização dos conhecimentos dos alunos.

- Os mapas conceituais devem ser elaborados diversas vezes, a fim de corrigirem-se as falhas.

Assim posto, Novak e Gowin (1984) afirmam que o aluno necessita praticar um pensamento reflexivo durante a elaboração dos mapas conceituais, a fim de perceber a importância de fazer e refazer os seus mapas no processo de aprendizagem, bem como compartilhá-los com outros.

No que tange à orientação dos mapas conceituais a uma abordagem ausubeliana, Moreira e Masini (1982) enfocam que se deve iniciar a elaboração dos mapas com os conceitos mais gerais, porém é preciso mostrar como estão relacionados os conceitos subordinado a eles e, assim, retornar-se, a partir de exemplos, a novos significados para aqueles conceitos em posições mais elevadas na hierarquia do mapa. Neste sentido, à guisa de conclusão, os autores argumentam que se necessita “descer e subir” no mapa conceitual, buscando explorar as interações de subordinação e superordenação entre os conceitos.

Apresenta-se na figura 3 (três), que segue, um exemplo de mapa conceitual construído por Moreira (2013), que aborda, como principal temática, a aprendizagem significativa de Ausubel.

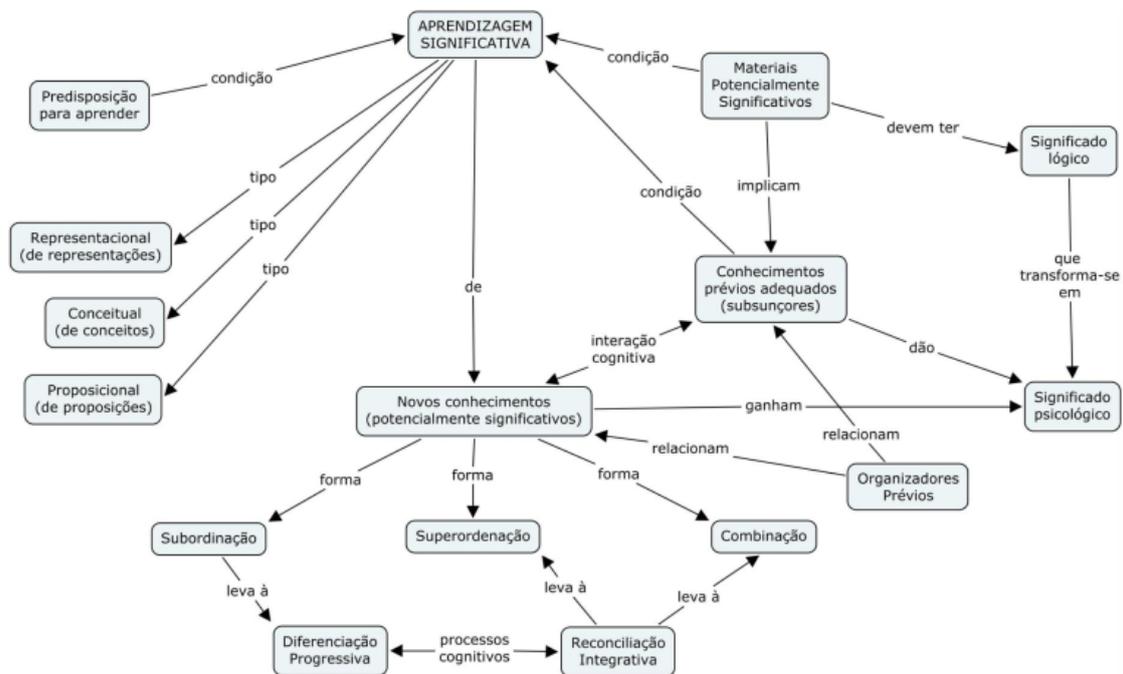


Figura 3. Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel  
Fonte: Moreira (2013).

No referido mapa conceitual, notamos que aprendizagem significativa é o conceito central da teoria, em razão disso, ela ocupa, no mapa, uma posição hierarquicamente superior. Na sequência, seguem as condições para a sua ocorrência, que consistem na predisposição para aprender e a existência de materiais potencialmente significativos. Tal condição, por sua vez, aponta que esses materiais devam apresentar significado lógico, de modo que o aprendiz possua conhecimentos prévios adequados para modificar o lógico em psicológico. Além disso, o mapa também enfatiza os tipos e as formas de aprendizagem significativa, bem como os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA, 2013).

Os mapas conceituais podem ser aplicados na avaliação da aprendizagem, procedendo como uma técnica não tradicional de avaliação, pois o seu principal intuito consiste em averiguar informações sobre os significados, bem como as relações significativas dos conceitos-chave do conteúdo de ensino, conforme o entendimento do aluno (MOREIRA, 1997a). Com isso, os mapas conceituais permitem a determinação dos conhecimentos prévios dos alunos, antes do ensino. Por outro lado, propiciam uma análise de possíveis mudanças na estrutura cognitiva do aluno no decorrer da instrução e, conseqüentemente, apresentam dados que podem servir para a realimentação para o ensino e para o currículo (MOREIRA, 2006b).

Nas pesquisas do ensino de Química, percebemos que os mapas conceituais estão gradativamente sendo mais aplicados na aprendizagem dos estudantes para tratar de vários conteúdos e temáticas como as ligações químicas (TRINDADE e HARTWIG, 2012); as soluções químicas (CARMO e MARCONDES, 2008); os aditivos alimentares e ácidos graxos (OLIVEIRA e AMARAL, 2014); as funções orgânicas (FREITAS FILHO et al., 2013); as transformações químicas (YANO e AMARAL, 2011); a eletroquímica (SILVA, SILVA e AQUINO, 2014; LIMA, 2004).

Trindade e Hartwig (2012) preconizam que o uso de mapas conceituais é apropriado para analisar a organização conceitual que os estudantes assimilaram ao longo de um período instrucional. Assim, eles acreditam que é preciso que essa metodologia e a aprendizagem significativa sejam incorporadas sucessivamente nas escolas desde os primeiros anos de formação dos estudantes. Já Carmo e Marcondes (2008), ao trabalhar com a aplicação dos mapas conceituais no conteúdo de soluções, enfatizam que esse instrumento é útil para subsidiar o docente a evidenciar possíveis compreensões ou não de alguns conceitos, como no caso em questão, eles observaram que os estudantes tinham dificuldades para diferenciar substância pura e solução.

No trabalho de Oliveira e Amaral (2014), relata-se uma experiência do uso de mapas conceituais para o desenvolvimento da competência leitora por estudantes do Ensino Médio. Na construção dos mapas conceituais a partir das leituras de alguns textos, foi notado que essa atividade despertou o interesse dos estudantes pela leitura e contribuiu para o papel mediador do professor no desenvolvimento das estratégias de leitura, de discussões e reflexões dos estudantes. Em consonância com o estudo, Yano e Amaral (2011) também empregam o uso dos mapas conceituais para aperfeiçoar, nos estudantes, a proficiência em leitura e a interpretação de texto na aprendizagem de transformações químicas. No transcorrer do referido estudo, os autores relataram que essa metodologia fez com que os estudantes aprimorassem a sua capacidade de organização e estruturação do conhecimento, de forma não linear e não literal.

Freitas Filho *et al.* (2014), em seu trabalho, utilizaram a elaboração de mapas conceituais como instrumentos de avaliação de estudo dos haletos orgânicos, uma das funções da química orgânica. Neste caso, os autores destacaram que os mapas conceituais favorecem a realização de uma avaliação formativa no ensino, pois, na investigação, eles aplicaram esse instrumento em três momentos: o primeiro mapa teve como objetivo detectar as concepções prévias; o segundo mapa visou à construção de novos conceitos, por meio da leitura de textos; o terceiro mapa teve como intuito uma verificação final, isto é, identificar a presença de novos conceitos e os modos de ligação deles com as concepções prévias.

Além disso, Freitas Filho *et al.* (2014) sublinham que geralmente utilizam-se, para avaliação dos conhecimentos dos estudantes, as provas escritas, os trabalhos escritos, os relatórios de aulas práticas, a apresentação de seminários, entre outros métodos, embora, mesmo sendo os instrumentos avaliativos mais aplicados, eles evidentemente não exploram a conjuntura completa de possibilidades para a averiguação da aprendizagem como os mapas conceituais.

Lima (2004) realizou uma pesquisa com docentes sobre o ensino de eletroquímica, buscando verificar se eles apresentavam dificuldades conceituais sobre esse conteúdo. Assim, foram propostas estratégias que pudessem suprir essas necessidades formativas, de modo que o mapa conceitual foi o instrumento mais utilizado. Os resultados do estudo apontaram que os mapas conceituais eram considerados pelos docentes como algo novo, ou seja, uma estratégia nova, pois eles tiveram que construir mapas do conteúdo durante o curso de formação. Neste sentido, alguns professores alegaram que a elaboração dos mapas era uma atividade difícil,

embora a autora tenha percebido que tais dificuldades conceituais dos professores foram supostamente superadas por meio dos exercícios de construção dos mapas conceituais.

Em conformidade com o ensino de eletroquímica, poucos estudos na literatura buscam utilizar os mapas conceituais como instrumentos que fornecem indícios de aprendizado significativo, bem como para a avaliação da aprendizagem. Esse contexto foi verificado na pesquisa de Nogueira, Goes e Fernandez (2017), que investigaram trabalhos no período de 2000 a 2014 em eventos científicos brasileiros que envolvem o ensino das reações de oxirredução, sendo este um dos principais assuntos da eletroquímica. Numa análise geral dos autores, foram catalogados cem trabalhos, no entanto, apenas dois foram referentes a mapas conceituais.

## CAPÍTULO 2 REVISÃO DA LITERATURA

A análise de artigos disponíveis na literatura sobre as temáticas que envolvem o ensino de eletroquímica, as TDICs e as atividades experimentais foi o ponto de partida desta dissertação, cujo intuito foi conhecer as pesquisas e levantar as contribuições que elas proporcionam para o tema em estudo.

Realizamos um mapeamento de artigos em 25 periódicos (nacionais e internacionais). As fontes pesquisadas foram os seguintes periódicos: Acta Scientiae (AS), Aprendizagem Significativa em Revista (ASR), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Eclética Química (EQ), Educação Temática Digital (ETD), Enseñanza de las Ciencias (EC), Revista Experiências em Ensino de Ciências (IENCI), Interações (InT), Química Nova na Escola (QNEsc), Revista Brasileira de ensino de Física (RBEF), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT), Revista Ciências e Ideias (RCI), Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (RCFEMA), Revista Debates em Ensino de Química (RDEQ), Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias (REEC), Revista Electrónica de Investigación Educativa (REIE), Revista Ensaio (RE), Revista Internacional de Educação Superior (RIES), Revista Thema (RT), Calidoscópico (CaD), Revista Tecnologias na Educação (RTE), Revista Metáfora Educacional (RME), Novas Tecnologias na Educação (NTE), Revista Virtual de Química (RVQ) e Educación Química (EdQ).

Os critérios de inclusão para a escolha dos artigos foram:

- I. Critério 1 (C1): Ensino e aprendizagem em eletroquímica no ensino médio.
- II. Critério 2 (C2): As TDICs no ensino de Química.
- III. Critério 3 (C2): As atividades experimentais no ensino de Química.

No C1, obtivemos, como orientação, uma série de palavras-chave correlatas ao tema, algumas são: eletroquímica, reação de oxirredução, reação redox, pilha, bateria, célula galvânica, célula eletrolítica, além de suas variações no plural. Também buscamos o cruzamento dessas palavras-chave com as seguintes terminologias: ensino, educação, ciências, ensino de ciências, Química e ensino de Química. O período escolhido foi os últimos 14 anos (2005-2018) das publicações.

No critério C2, obtivemos, como orientação, uma série de palavras-chave correlatas ao tema, algumas são: TDIC, TIC, tecnologia, tecnologia digital, recurso tecnológico, computador, software, além de suas variações no plural. Ademais, buscamos o cruzamento dessas palavras-chave com as seguintes terminologias: ensino,

educação, ciências, ensino de ciências, Química, ensino de Química, eletroquímica e ensino de eletroquímica. O período escolhido foi os últimos seis anos (2013-2018) das publicações.

No critério C3, obtivemos, como orientação, uma série de palavras-chave correlatas ao tema, algumas são: atividade experimental, experimentação, aula experimental, experimento, prática experimental, além de suas variações no plural. Além disso, buscamos o cruzamento dessas palavras-chave com as seguintes terminologias: ensino, educação, ciências, ensino de ciências, Química, ensino de Química, eletroquímica e ensino de eletroquímica. O período escolhido foi os últimos 22 anos (1996-2018) das publicações.

Para cada critério, delimitamos um período de tempo de busca em virtude de suas abordagens, sobretudo o C2 em que procuramos examinar as pesquisas na área do ensino mais recentes que tratam das TDICs, assim também considerando o avanço tecnológico, é importante conhecermos quais recursos e metodologias estão sendo efetivamente inseridos em sala de aula pelos professores nos últimos anos. Já para o C1 e para o C3, buscamos encontrar o maior número de trabalhos que se enquadrassem com temáticas do ensino e aprendizagem de eletroquímica e com possibilidades de práticas experimentais no âmbito desse conteúdo, além de suas contribuições para a disciplina de Química.

Após o levantamento dos artigos, foi realizada a leitura dos seus resumos, considerando que estes apresentam uma boa maneira de identificar os objetivos das publicações. Assim, quando essa informação não estava esclarecida no resumo, fez-se necessária a leitura na íntegra, a fim de verificar se os artigos enquadravam-se em alguns dos critérios estabelecidos.

O Quadro 2 (dois) indica o número de artigos selecionados para a análise da revisão da presente dissertação, totalizando 52 trabalhos, sendo alguns enquadrados em mais de um critério, o que justifica a soma dos números apresentados ser maior que o total de artigos investigados.

Quadro 2. Quantidade de artigos de periódicos selecionados para esta revisão da literatura.

Periódico	C1 - Ensino e aprendizagem em eletroquímica no ensino médio	C2 - As TDICs no ensino de Química	C3 - As atividades experimentais no ensino de Química
AS	00	00	01
ASR	01	01	01
CBEF	01	00	00
EQ	00	00	01
ETD	00	01	00
EC	05	01	00
IENCI	00	00	03
InT	00	01	00
QNEsc	02	04	12
RBEF	00	00	01
RBECT	00	03	01
RCI	00	01	00
RCFEMA	00	00	01
RDEQ	00	01	00
REEC	01	01	02
REIE	00	01	00
RE	01	00	00
RIES	00	01	00
RT	00	01	00
CaD	00	01	00
RTE	00	01	00
RME	00	01	00
NTE	00	01	00
RVQ	00	01	00
EdQ	01	00	00
<b>Total</b>	12	22	23

Fonte: A autora (2018).

Percebemos no Quadro 2 (dois), que a quantidade de artigos encontrados no C1 é inferior em relação ao C2 e ao C3, o que evidencia que, na literatura, são poucas as publicações que discutem o processo de ensino e aprendizagem em eletroquímica no ensino médio. Também se observa no quadro quais são as revistas que mais publicam sobre o C1, com destaque para a revista *Enseñanza de las Ciencias*. Já para o C2 e o C3, a revista *Química Nova na Escola* sobressai-se.

## 2.1 ENSINO E APRENDIZAGEM EM ELETROQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Os conceitos químicos podem apresentar uma natureza submicroscópica e abstrata, uma vez que provocam entre os alunos dificuldades na aprendizagem. Além disso, a Química tem a sua própria linguagem que é intrinsecamente simbólica, sendo

que, para compreendê-la, é preciso demonstrar uma vasta capacidade de abstração e generalização. Por isso, o ato de ensinar e aprender conceitos químicos não se constitui como uma tarefa simples (COSTA, PASSERINO e ZARO, 2012).

Neste sentido, podemos considerar que um dos fatores que comprometem a qualidade do ensino é as práticas tradicionais, pautadas no método de transmissão de conhecimentos e que muitos professores ainda exercem em sala de aula, realizando uma instrução fragmentada e descontextualizada (SILVA e MARIA, 2009). Tal cenário corrobora o desinteresse dos alunos pela disciplina de Química, ocasionando problemas na aprendizagem, que podem ser evidenciados em alguns conteúdos trabalhados no ensino médio, como a eletroquímica.

A eletroquímica é um ramo da Química que estuda a interação da eletricidade com as reações químicas, tendo, como principal aplicação, o uso de reações químicas espontâneas para a transformação em eletricidade e o uso desta para forçar as reações não espontâneas a ocorrerem. Um dos principais assuntos da eletroquímica corresponde às reações de oxirredução, que são responsáveis por diversos processos químicos que acontecem em atividades industriais, tecnológicas e na natureza, como a vida, a fotossíntese, as pilhas, as células a combustível, a purificação dos metais, etc. (ATKINS e JONES, 2012).

O momento em que geralmente os estudantes têm o primeiro contato com o conteúdo de eletroquímica acontece no segundo ano do ensino médio, pois, no primeiro ano, de forma geral, estuda-se o comportamento físico da matéria, que, por vez, pode ser constatado com facilidade em nosso cotidiano, como a separação de misturas e os estados físicos da matéria. No entanto, quando se trata da eletroquímica, Barreto, Batista e Cruz (2017) afirmam que:

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

Reconhecendo a importância da aprendizagem em eletroquímica, algumas pesquisas (CAMEL e PACCA, 2011; LIMA e MARCONDES, 2005; SILVA e CINTRA, 2013; SANTOS JUNIOR et al., 2016; LOCATELLI e ARROIO, 2017) apontam que existem obstáculos para a compreensão desse conteúdo por parte dos

alunos e também dos professores e, como consequência, acabam apresentando concepções alternativas para explicar os conceitos eletroquímicos.

Na investigação realizada por Caramel e Pacca (2011), constatou-se que a maior parte dos estudantes, ao explicar a decorrência da produção de corrente elétrica em uma pilha, assinala para uma única justificativa, na qual se refere à transformação das espécies químicas, isto é, à oxidação e à redução, de modo a não considerarem os aspectos dinâmicos de movimentação de cargas, tanto nos fios, quanto nos eletrólitos. Ademais, os estudantes não sabem explicar a função da ponte salina, pois, para eles, o movimento dos íons em solução não corresponde a uma corrente elétrica, e eles também não mencionam o conceito de dissociação iônica que acontece espontaneamente nas soluções.

No trabalho supracitado, fica evidente que os estudantes acreditam que a corrente elétrica acontece sem um circuito fechado, além de apresentarem erros conceituais envolvendo a transformação de energia química em energia elétrica em uma pilha. Em vista disso, Caramel e Pacca (2004) destacam a importância da interdisciplinaridade dos fenômenos reais, em que o aluno precisa ter uma percepção mais global do conhecimento, de modo que não pode ser de forma isolada e compartimentalizada.

Ressaltamos que essa dificuldade de compreensão dos conceitos eletroquímicos pode ser relatada também pelos docentes, como ficou explícito na pesquisa de Lima e Marcondes (2005). Assim posto, por esse motivo, os professores incessantemente preferem não lecionar esse conteúdo e, quando acontece, ocorre de forma tradicional. Os autores perceberam concepções alternativas apresentadas pelos professores sobre corrente elétrica, condutividade elétrica em solução, oxidação e redução e representação das reações de oxirredução.

Diante dessa situação, Lima e Marcondes (2005) buscaram desenvolver uma formação continuada, com a finalidade de trabalhar o ensino de eletroquímica mediado através das atividades experimentais, além de abordar minuciosamente os conceitos propriamente ditos da eletroquímica. Como resultado da intervenção, foi possível aos professores superar alguns desses problemas conceituais, de modo que os conceitos da pilha de concentração, condutividade elétrica em solução, ionização e dissociação foram bem entendidos pelos professores.

Com esse mesmo viés, Marcondes, Souza e Akahoshi (2017) investigaram como um grupo de professores de Química do ensino médio selecionavam os conteúdos de

eletroquímica para a sua instrução em sala de aula. Dos conceitos apontados pelos professores como essenciais para o ensino da eletroquímica, estão: oxidação, redução, número de oxidação e pilha galvânica. Além disso, os autores chamaram atenção para não valorização da explicação do nível submicroscópico dos conceitos pelos professores, bem como de um tratamento superficial no ensino de pilha galvânica, visto que eles não consideram o balanceamento de equação, as semi-reações envolvidas e os conceitos como uma abordagem mais quantitativa (diferença de potencial, potencial padrão). Quanto à metodologia e às estratégias aplicadas pelos docentes, ficou evidente um ensino meramente tradicional, direcionando o aluno à resolução de exercícios e à consulta a livros didáticos.

Como foi destacado na pesquisa anterior, o nível submicroscópico quase não é explorado no ensino. Neste aspecto, Johnstone (2000) justifica que, para a assimilação do conhecimento químico, estão envolvidos três diferentes níveis de representação, os quais o estudante precisa transitar, sendo esses: macroscópico, submicroscópico e simbólico. O nível macroscópico refere-se aos fenômenos observáveis; no submicroscópico, os fenômenos são explicados a partir do arranjo de átomos, moléculas, íons e demais partículas subatômicas; já o nível simbólico representa os símbolos, fórmulas, equações, manipulações matemáticas e gráficos.

Dentro desse enfoque, Locatelli e Arroio (2017) investigaram a questão sobre como repensar o nível macroscópico pode favorecer para uma melhor compreensão do nível simbólico e submicroscópico. Para isso, os autores trabalharam com os alunos do ensino médio uma sequência de ensino sobre conceitos iniciais de eletroquímica, na qual estudaram duas reações de oxirredução com aspectos macroscópicos facilmente visíveis. Durante a sequência de ensino, os alunos deveriam observar e sugerir um modelo explicativo para as reações de oxirredução, no nível simbólico e submicroscópico. Os resultados evidenciaram que, inicialmente, os alunos apresentaram dificuldade de transitar entre o nível simbólico e submicroscópico, porém, quando tiveram que repensar o macroscópico para reconstrução de ideias, notou-se que, de uma forma geral, eles pareciam melhorar a sua compreensão, já que, ao menos em parte de suas ideias reelaboradas, mostraram essa relação com o macro. Contudo, alguns desses alunos, ainda assim, não conseguiram aprofundar-se no entendimento do submicroscópico, que, conseqüentemente, é mais abstrato para eles. Portanto, foi perceptível que transitar entre os níveis de representação constitui-se um grande desafio para o alunado.

Locatelli e Arroio (2017) concluem que esse processo de transitar entre os níveis de representação da Química é complexo, pois envolve diferentes aspectos que devem ser considerados pelo professor, como, por exemplo, a representação das partículas e o tempo destinado para a concretização dessa atividade e também a falta ou não de conhecimento prévio químico.

Na busca de possibilidade para o ensino de eletroquímica, Klein e Braibante (2017) realizaram um levantamento bibliográfico de artigos publicados na revista Química Nova na Escola (QNEsc), que tratam do desenvolvimento de diferentes abordagens para o conteúdo de reações de oxirredução. A análise dos artigos demonstrou que a maior parte deles apresenta uma abordagem experimental. Desses, alguns enfatizam um enfoque puramente científico, ou seja, não se contextualiza essa prática no ensino. Neste caso, as autoras perceberam que são poucos os trabalhos de oxirredução que tratam, além do conhecimento científico, aspectos tecnológicos, sociais e ambientais, dado que essas temáticas são muito importantes para a formação cidadã de nossos estudantes.

Ademais, Klein e Braibante (2017) advertem que um número pequeno de artigos levou em consideração as discussões conceituais, como a própria conceituação de reações de oxirredução, que, por sua vez, apresenta incompreensões entre os estudantes. Embora ressaltem que as pesquisas analisadas mostram diversas formas e abordagens para trabalhar esse assunto em sala aula, propiciando aos professores novas ideias, bem como uma reflexão acerca de sua prática, as autoras observa que apenas práticas diferenciadas no ensino não são suficientes, sendo necessário que elas sejam conduzidas a partir da definição de seus conceitos, assim contribuindo para a construção de conhecimento.

Em consonância com uma abordagem cognitivista da construção do conhecimento, Silva, Silva e Aquino (2014) trabalharam com recursos alternativos e de baixo custo em aulas experimentais a fim de explorar os conceitos de eletroquímica com ênfase na construção de pilhas naturais, utilizando, como embasamento, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a aplicação de Mapas Conceituais. Em vista disso, os autores abordaram alguns aspectos inerentes desse conteúdo com a orientação para a aprendizagem significativa, valorizando a importância da avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Um exemplo disso em eletroquímica é a associação do estudo das células galvânicas com o conhecimento de pilhas que o estudante já traz consigo do ponto de vista prático e funcional. Afinal todos já tiveram contato com as pilhas e sabem bem como são utilizadas no dia a dia. Nessa perspectiva a nova informação interage com uma estrutura de conhecimentos específicos, ao qual Ausubel chama de subsunçor (SILVA, SILVA e AQUINO, 2014, p. 46).

Outro fator relevante no decurso da aprendizagem é quando houver pouca ou nenhuma interação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, isto é, aqueles novos conhecimentos que o aluno memoriza como informações que não apresentam significado algum para ele mesmo, sendo esse o processo de aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2013). Contudo, Ausubel expressa que, em certas situações de ensino, a aprendizagem mecânica seja necessária, exemplo disso seria na introdução de um novo corpo de conhecimento. Assim, Ausubel não estabelece uma distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, mas como um *continuum* (MOREIRA, 2006a). Por meio dessa concepção ausubeliana, Silva, Silva e Aquino (2014) enfatizam:

Nessa perspectiva quando o estudante aprende, por exemplo, o que é uma diferença de potencial elétrico (ddp) pode se formar em sua rede apenas uma informação a mais sem significado, base da Aprendizagem Mecânica, mas tal conceito se torna um subsunçor no momento que o estudante entende que uma pilha só produz trabalho por conta da sua ddp que é sua força eletromotriz. (SILVA, SILVA e AQUINO, 2014, p. 47).

Na análise dos trabalhos supramencionados, notamos que a aprendizagem significativa em eletroquímica é um desafio a ser alcançado pelos estudantes, tendo em vista que os professores também apresentam dificuldades de compreensão em alguns assuntos desse conteúdo, sendo que, por muitas vezes, eles preferem não o trabalhar no ensino médio, embora quando resolvem aplicá-lo no ensino, isso acontece de forma tradicional, pautado meramente na aprendizagem mecânica.

Ressaltamos que são inúmeros os fatores que comprometem a qualidade do ensino e do aprendizado em eletroquímica, como sinalizado anteriormente, a formação dos docentes precisa ser permanente para suprir as lacunas que a formação inicial não conseguiu resolver. No que diz respeito à aprendizagem dos estudantes, consideramos que os seus *subsunçores* são essenciais para interagir e dar significado aos novos conhecimentos, assim o professor precisa embasar o seu ensino, aproveitando as potencialidades desses conhecimentos relevantes presentes em suas estruturas cognitivas.

Em relação ao conhecimento prévio químico, percebemos a sua devida importância dentro da compreensão dos níveis de representação da Química, em que os estudantes ainda apresentam obstáculos para transitar entre o submicroscópico, macroscópico e simbólico. As pesquisas mencionadas nesta revisão indicam que, na aprendizagem de eletroquímica, é relevante trabalhar com esses níveis de representação. Para isso, faz-se necessário buscar metodologias, estratégias e recursos didáticos que subsidiem a prática do professor e colaborem com os estudantes para o entendimento desse conteúdo.

Partindo de um percurso construtivista de ensino, estão descritas, na seção a seguir, as pesquisas que procuram elucidar como as TDICs podem contribuir para o ensino de Química, em particular o ensino de eletroquímica.

## 2.2 AS TDICs NO ENSINO DE QUÍMICA

O termo Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) geralmente é o mais utilizado para referir-se aos recursos eletrônicos e tecnológicos que resultaram do processo de produção industrial da informação, no qual novos meios de comunicação ampliaram o acesso a notícias e informações para todas as pessoas, exemplo disso é os jornais, revistas, rádio, cinema, vídeo, entre outros (KENSKI, 2012).

Contudo, é possível notar que, nas últimas décadas, com o progresso tecnológico, foram concebidas novas formas de uso das TICs para a produção e a disseminação de informações, a interação e a comunicação em tempo real, isto é, no exato momento em que o fato acontece. Sendo assim, de acordo com Kenski (2012), surgiram as novas tecnologias de informação e comunicação, as NTICs, de modo que, nessa categoria, podemos considerar as redes digitais, a internet.

Além das NTICs, alguns pesquisadores, como Leite (2018), empregam também o termo Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) para referenciar essas novas tecnologias, de forma que, nesta dissertação, nos adequamos e utilizamos TDICs para tratar dos mais variados recursos tecnológicos presentes no âmbito da educação.

Como as TDICs fazem parte da atual conjuntura, de tal forma que o início do século XXI é pormenorizado, em várias denominações, como a Era da Informação ou Sociedade do Conhecimento, fizeram com que os avanços tecnológicos trouxessem a necessidade nas diversas áreas sociais, sobretudo na educação, à realização de mudanças. No caso da educação, parte dessas mudanças deve acontecer nas práticas

pedagógicas, buscando inová-las para que os processos e conteúdos educacionais que conhecemos não se tornem irrelevantes (LEITE, 2018).

No ensino, as TDICs podem ser aproveitadas com o intuito de tornar os espaços de construção de conhecimento diferenciados e, ao modificar os processos e metodologias de aprendizagem, podem proporcionar uma maior aproximação da escola com o contexto de vida do alunado, bem como reformular as relações entre docentes e discentes (LEITE, 2015).

De acordo com Almirón e Porro (2014), os alunos, mesmo tendo nascido em uma sociedade altamente informatizada e, geralmente, apresentando um melhor domínio das TDICs, devem receber orientações do professor para utilizar esses recursos com a finalidade de aproveitar as suas potencialidades para aprendizagem.

Entretanto, o docente precisa estar preparado para lidar com os desafios postos pelas TDICs na educação, principalmente quando se trata das mudanças imediatas causadas na sociedade pelo desenvolvimento tecnológico e que vem transformando nossas ações e produções, pois, segundo Arruda (2013):

[...] as tecnologias intensificam a transitoriedade das coisas e das ações ao comprimir substancialmente o espaço e o tempo contemporâneos. Mal os professores se apropriam de determinadas tecnologias ou de determinados discursos, outros são criados em velocidade impressionante e criam “sensações” de incompletude, de autoria inacabada da ação pedagógica (ARRUDA, 2013, p.277).

A partir disso, o autor defende a necessidade de realizar alterações profundas na formação inicial dos professores, isto implicaria que, além da presença de componentes curriculares específicos nos cursos, seria fundamental que as políticas públicas pudessem norteá-las para o entendimento histórico das tecnologias, abordando as suas contradições e paradoxos, com o intuito de formar o professor para uma sociedade que se apropria das TDICs de seu tempo.

Nessa mesma abordagem, Faraum Junior e Cirino (2016), ao investigarem graduandos do curso de licenciatura em Química de uma universidade pública, puderam constatar que eles apresentam conhecimentos sobre aplicativos e recursos tecnológicos, bem como empregam a internet como meio de pesquisa para o planejamento de suas aulas, porém relatam que ainda existe um distanciamento notável, que os separa das propostas concretas de utilização das TDICs no processo de ensino e aprendizagem.

Leite (2015, p.33) admite que “o professor que consegue superar os desafios do fazer agora obterá resultados, dentro do que é possível fazer agora, e com qualidade”. Nesse viés, o autor expressa que a formação inicial precisa propiciar, ao futuro professor, requisitos fundamentais para que possa fazer uso das tecnologias que estão ao seu acesso na instituição em que leciona, assim buscando respeitar a realidade em que está inserido, como também deve oferecer os subsídios essenciais para que, no decorrer de sua carreira, o professor possa prosseguir em sua formação que, dentro de um cenário atual de globalização, precisa acontecer sucessivamente.

No estudo de caso desenvolvido por Pauletti *et al.* (2017), um dos enfoques consiste no levantamento das percepções dos professores em relação ao ensino de Química mediado pelas TDICs. Com isso, os autores perceberam que os professores não apresentam uma predisposição para o uso e a exploração das TDICs na escola e nem nos conteúdos programáticos de Química, mesmo quando eles relatam que reconhecem as contribuições que as TDICs podem possibilitar ao ensino, sendo que uma das justificativas apontadas por eles seria a falta de tempo para utilizar esses recursos tecnológicos, de modo que tal situação procede devido a uma carga horária demasiada da jornada de trabalho diária desses profissionais.

Giordan (2015) aborda que algumas experiências pedagógicas com uso das TDICs estão sendo desenvolvidas por professores e alunos, contudo, isso ainda não é uma prática comum nas escolas, tendo como causas um currículo extenso, enciclopédico e mediante poucas aulas semanais. O autor destaca que tem a expectativa que, com as reformas curriculares, as escolas sejam motivadas a permear as fronteiras da sala de aula para atingir o ciberespaço, a fim de que professores e alunos possam usufruir com criatividade e autonomia essa dimensão tecnológica.

No ensino de Química, alguns estudos recentes (PAULA *et al.*, 2014; PAULETTI, ROSA e CATELLI, 2014; LEITE, 2015; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2016; MACHADO, 2016; MORENO e HEIDELMANN, 2017) apontam que existem várias TDICs disponíveis para a sua aplicação no ensino e que também apresentam metodologias pedagógicas com o uso dessa tecnologias, que podem trazer uma alternativa viável para a incorporação efetiva desses recursos em sala de aula.

Moreno e Heidelmann (2017) realizaram uma investigação e seleção de recursos tecnológicos aplicados ao ensino de Química, tendo como critérios de análise: a facilidade de uso dos aplicativos; a flexibilidade dos aplicativos a fim de serem compatíveis com os equipamentos dispostos em sala de aula, isto é, com os sistemas

operacionais; o acesso gratuito ou os custos reduzidos e a organização das ferramentas dispostas nos aplicativos. Como resultado da compilação desses recursos tecnológicos, os autores caracterizam os aplicativos de acordo com as suas funcionalidades, organizando-os e tecendo alguns comentários sobre eles em seu artigo, destacando os aplicativos para a criação de formulários de pesquisa *online*, edição de fórmulas químicas e moléculas, elaboração de mapas conceituais, produção de apresentações, criação de ambientes virtuais de aprendizado, recursos com jogos e simulações, aplicativos para o uso de vídeos e edição de áudios. Concluindo, os autores consideram que o uso desses recursos tecnológicos pelos professores promove a construção de uma aula mais interessante, direcionada a uma realidade que instiga o aluno ao estudo, bem como favorece maior auxílio para acompanhamento de atividades escolares.

Os *softwares* educacionais são recursos tecnológicos que contemplam, em sua elaboração e operação, conceitos didáticos e pedagógicos que envolvem ilustrações e simulações interativas sobre fenômenos, leis e experimentos virtuais em que seja possível manipular e interpretar diferentes variáveis (PAULA et al., 2014). Dentre os tipos de *softwares* educacionais, podemos destacar as simulações em que Leite (2015 p. 176) define como programas no qual “simulam situações reais, que sem o uso do computador dificilmente poderiam ser trabalhadas pelos alunos, com a mesma qualidade e realismo nas formas tradicionais de ensino”.

Nessa perspectiva, Machado (2016) realizou uma revisão bibliográfica em busca das metodologias de ensino articuladas com o uso de *softwares* educativos e objetos de aprendizagem. Assim, o estudo apontou que os *softwares* educativos apresentam algumas limitações, como a falta de tradução do idioma inglês para o português, porém um dos pontos positivos remete aos jogos educativos químicos que foram elencados como o recurso de maior potencial didático para a aprendizagem. O autor também afirma que os *softwares* propiciam uma melhor visualização de espécies químicas em nível macroscópico e submicroscópico.

No que tange ao uso das TDICs no ensino de eletroquímica, Santos Junior *et al.* (2016) apresentam uma análise comparativa entre duas atividades didáticas, empregando o uso de simulação computacional e experimentação, com o objetivo de identificar quais mais contribuem para a aprendizagem desse conteúdo. Os autores afirmam que as atividades experimentais apresentaram um melhor resultado comparado às simulações, pois colaboraram para o entendimento dos alunos em conceitos tipicamente mais rebuscados, como diferença de potencial (ddp) da pilha e cálculos de

ddp. Por outro lado, as simulações promoveram uma melhor compreensão aos alunos sobre conceitos como transferência de elétrons e oxidação e redução, visto que essas simulações auxiliam na visualização dos fenômenos no nível submicroscópico. Vale ressaltar que, no âmbito da sala de aula, o uso do nível de conhecimento simbólico é bastante aplicado, tendo como consequência a constante incompreensão dos fenômenos e conceitos químicos de forma geral, assim, é fundamental explorar o nível submicroscópico (GIBIN e FERREIRA, 2013).

Nessa mesma abordagem, Silva e Cintra (2013) verificaram como as práticas experimentais e de multimídia no ensino de reações de oxirredução influenciam nas representações macroscópicas e submicroscópicas dos alunos. Os pesquisadores conseguiram identificar que as atividades experimentais realizadas favoreceram o reconhecimento e a interpretação das reações e subsidiaram para a representação macroscópica dos fenômenos. Já as atividades incluindo multimídia persuadiram, de forma positiva, para a representação submicroscópica, bem como auxiliaram para o conhecimento conceitual das reações de oxirredução.

De forma concomitante, esses trabalhos salientam que essas duas estratégias podem complementar-se, sendo possível promover interfaces entre as atividades experimentais e as TDICs. Assim, corroboram com o estudo desenvolvido por Pauletti, Rosa e Catelli (2014), no qual preconizam a concepção que a Química é uma ciência “visual” e que, para isso, necessita de metodologias que proporcionem a exploração dessa ciência numa dimensão visível, por meio da aplicação de estratégias de ensino, como os *softwares* computacionais e as aulas experimentais. Os autores enfatizam que os *softwares* auxiliam na compreensão do nível de representação submicroscópico, tal como a experimentação possibilita a integração das representações macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas, na medida em que o seu intuito seja articular com que a teoria (nível submicroscópico e simbólico) possa adequar-se à realidade numa dimensão visível (macroscópico).

Na apreciação dos trabalhos mencionados anteriormente, percebemos que as TDICs vêm transformando as nossas ações e produções na sociedade, de modo que estamos imersos em uma rede *online*, a qual interliga boa parte das pessoas e disponibiliza os fatos e os acontecimentos em tempo real. As TDICs trouxeram, para algumas esferas sociais, a evolução de seus processos, porém, na educação, ainda precisam ser incorporadas de forma efetiva nas metodologias pedagógicas.

Contudo, sabemos que as escolas públicas passam por diversas dificuldades de infraestrutura, materiais e falta de valorização dos seus profissionais. Mediante isso, consideramos que é um desafio para os professores utilizar esses recursos tecnológicos presentes nas escolas e que, por sua vez, muitos deles encontram-se em condições precárias. Embora existam todos esses obstáculos que comprometem a inserção das TDICs no campo educacional, algumas pesquisas mostram que estão sendo realizadas várias situações de ensino com o uso dos recursos tecnológicos pelos docentes e que os resultados dessas práticas favorecem o aprendizado dos estudantes.

No ensino da Química, as TDICs colaboram de forma preponderante, pois essa disciplina necessita de recursos que facilitem a explicação dos seus níveis de representação, em especial o nível submicroscópico, que foi indicado pelas pesquisas como uma das dificuldades de entendimento dos estudantes, justamente por ser algo abstrato e que precisa de aportes tecnológicos, como uma simulação computacional para demonstrar o assunto estudado.

Nesse viés, observamos que uma estratégia didática que pode contribuir para o ensino de Química, principalmente em eletroquímica e seus níveis de representação, é a integração entre recursos didáticos, como a articulação das TDICs com as atividades experimentais. Para isso, estão elencadas na seção a seguir as abordagens, as modalidades, as características e as contribuições do uso das atividades experimentais no ensino de Química.

### 2.3 AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE QUÍMICA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN<sup>+</sup>), publicados em 2002, orientam e apresentam a relevância das atividades experimentais no ensino de Química e na construção do conhecimento, assim abordando as diferentes modalidades de experimentação, os critérios e os objetivos utilizados para a escolha dessas modalidades, a ponderação na seleção dos materiais, instrumentos e metodologias, como também diligência às condições de segurança.

Merecem especial atenção no ensino de Química as atividades experimentais. Há diferentes modalidades de realizá-las como experimentos de laboratório, demonstrações em sala de aula e estudos do meio. Sua escolha depende de objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos e materiais disponíveis. Qualquer que seja o tipo, essas atividades devem possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las, como a seleção de materiais, instrumentos e procedimentos adequados, da escolha do espaço físico e das

condições de trabalho seguras, da análise e sistematização de dados. O emprego de atividades experimentais como mera confirmação de ideias apresentadas anteriormente pelo professor reduz o valor desse instrumento pedagógico (BRASIL, 2002, p. 108).

Corroborando com as considerações tecidas pelos PCN<sup>+</sup>, as atividades experimentais devem ser propostas por meio de uma concepção construtivista, em que os professores incentivem os alunos à impressão de conflitos cognitivos, a fim de que eles busquem estratégias no intuito de resolver os problemas propostos (BARATIERI et al., 2008).

Araújo e Abib (2003) categorizaram as atividades experimentais em três modalidades, sendo elas: atividades de demonstração/observação, atividades de verificação e atividades de investigação que estão descritas a seguir:

a) Atividades de demonstração/observação

As atividades de demonstração/observação são aquelas que servem para ilustrar certas características do conteúdo estudado, a fim de deixá-lo menos abstrato ao aluno. Como procedimento metodológico, os autores elucidam que ela pode ser trabalhada como uma “demonstração fechada”, na qual o professor apenas executa o experimento e os alunos observam o fenômeno ou pode ser uma “demonstração/observação aberta” que admite uma flexibilidade maior para discussões e que possibilita um aprofundamento dos aspectos conceituais e práticos, bem como permite o levantamento de hipóteses e o incentivo à reflexão crítica (ARAÚJO e ABIB, 2003).

De acordo com Wesendonk e Prado (2015), essa atividade experimental é inserida em um contexto no qual o professor não tem a disponibilidade de materiais para todos os alunos, ou quando não possui um espaço adequado na escola para que todos os alunos possam manipular o experimento, ou devido ao tempo de duração do experimento. Em geral, alguns desses experimentos podem demandar pouco tempo e, assim, serem empregados como fechamento de uma aula, ou como introdução, buscando instigar o aluno para o conteúdo estudado.

b) Atividades de verificação

As atividades de verificação têm como propósito averiguar a validade de alguma lei ou teoria. Tais experimentos servem para que o aluno tenha a capacidade de interpretar os parâmetros que determinam o comportamento dos fenômenos observados e associá-los aos conteúdos estudados (ARAÚJO e ABIB, 2003). Neste sentido, Oliveira (2010) assinala que muitos professores apontam que esses experimentos trazem

contribuições para aulas, sobretudo por tornar o ensino mais realista e palpável, isto é, propiciando aos alunos a oportunidade para visualizar se os fenômenos percebidos estão de acordo com a lógica teórica.

c) Atividades de investigação

As atividades de investigação, pelo próprio caráter de investigação, proporcionam uma abordagem que seja mais pautada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, inerentes a uma metodologia que procura realizar uma transformação mais profunda nos alunos, seja ela relacionada aos aspectos conceituais, concernentes ao conteúdo estudado ou mesmo comportamentais, como o desenvolvimento da capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e senso crítico (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Ressaltamos que, nessa atividade, o tempo para a sua realização é maior, comparada a outras atividades, pois envolve uma série de etapas a serem manipuladas pelos alunos, desde apreciação do problema até o levantamento de hipóteses, preparo e execução dos procedimentos, análise e discussão dos resultados. Nessa atividade, o professor tem o papel de mediador e precisa orientar a atividade e questionar e estimular os alunos (WESENDONK e PRADO, 2015).

Conhecendo as modalidades de atividades experimentais, como decorrência, necessitamos pensar qual a sua função no ensino de ciências. Para isso, podemos levantar alguns questionamentos sobre o que se pretende com a aplicação dessa prática entre os alunos. Assim, Rosito (2008) orienta quais indagações devem ser abordadas pelo professor no seu fazer pedagógico com as atividades experimentais:

- Será que os nossos objetivos, ao utilizar as atividades experimentais, são percebidos pelos alunos? - O trabalho experimental motiva os alunos? - As atividades experimentais realizadas na escola proporcionam a aquisição de técnicas de laboratório? - As atividades experimentais proporcionam melhor compreensão dos conceitos científicos? - Qual a concepção que os alunos adquirem sobre ciências com atividades experimentais desenvolvidas? - As atividades experimentais efetuadas desenvolvem atitudes científicas? (ROSITO, 2008, p. 199).

Em tese, podemos desdobrar esses questionamentos mais especificamente ao ensino de Química, tendo em vista que cabe ao professor o papel de promover a experimentação inculcando no aluno o ato da reflexão, da indagação e do agir, pois, de acordo com Baratieri *et al.* (2008), os alunos estão acostumados a acreditar que o experimento tem as seguintes funções: a comprovação da teoria, a facilitação da

memorização do conteúdo, a visualização como prática obrigatória, o que seria uma atividade que transcorre fora da rotina de sala de aula. Ademais, o autor destaca que essas proposições apontadas pelos alunos consistem em uma visão transmitida pela própria concepção epistemológica do professor, voltada ao empirismo que reporta sua bagagem cultural.

A partir dessa abordagem, Lima e Alves (2016) investigaram a opinião dos alunos do Ensino Médio em relação às aulas teóricas e às aulas práticas no aprendizado de Química. Nos resultados do estudo, foi possível notar que, nas escolas, ainda predomina o ensino tradicional. Ademais, a maior parte dos alunos considera os conteúdos de Química de difícil compreensão, como também eles não tiveram sequer a oportunidade de assistir ou participar de uma atividade experimental. Neste sentido, os autores enfatizam que se a escola não obtiver um laboratório, ainda assim o professor deve buscar possibilidades de preparar atividades experimentais, através de materiais de fácil obtenção, utilizando, por exemplo, os utensílios domésticos.

No entanto, não basta inserir as atividades experimentais nas aulas, acreditando que somente com essa estratégia será possível estimular os alunos, sendo necessário desafiá-los cognitivamente. Por isso, quando tratamos da importância da “mediação do professor”, podemos considerar que é imprescindível que ele apresente uma atenção especial aos fundamentos explicativos dos fenômenos observados. Conforme Guimarães (2009, p. 198), ao ensinar ciência, dentro do espaço escolar, deve-se entender que toda observação não é desenvolvida num vazio conceitual, mas através de um corpo teórico que instrui a observação, portanto é relevante orientar o que os alunos observarão.

No trabalho de Lisbôa (2015), foi realizado um levantamento de artigos publicados na revista Química Nova na Escola, mais precisamente na seção “Experimentação no ensino de Química”, durante o período de maio de 1995 a maio de 2015. A partir dos dados apresentados, foi possível perceber que os artigos tratam de diversos temas gerais e conteúdos químicos que envolvem experimentos. Outro fator importante é que o número de artigos publicados durante esses vinte anos decaiu e, em contrapartida, ocorreu o aumento de publicações de autores que são professores universitários e pós-graduandos, à proporção que diminuiu de forma preponderante o número de publicações de autores que são graduandos e professores do ensino médio.

Mediante tal situação apresentada nos artigos de experimentação da revista Química Nova na Escola, Lisbôa (2015) pontua que, apesar de toda mobilização em

torno da relevância da experimentação nas aulas, essa prática ainda não é tão comum nas escolas.

Há escolas em que o espaço do laboratório foi transformado em sala de aula ou depósito; há professores que não se sentem seguros para realizar aulas práticas, muitas vezes, alegando indisciplina dos alunos; há professores com carga excessiva de trabalho, sem tempo para preparar as aulas práticas e sem que possam contar com técnicos que os auxiliem; há também professores que têm medo de que algo aconteça com algum aluno e que eles tenham que responder judicialmente a algum processo (LISBÔA, 2015, p. 202).

Com isso, o autor destaca que se a carreira do docente da educação básica fosse mais valorizada, como é o caso dos docentes universitários, esse contexto seria diferente, de modo que ele buscaria produzir novas ideias e submetê-las para posterior publicação, assim resultando em uma maior aplicação de atividades experimentais com os seus alunos e, conseqüentemente, trazendo qualidade para suas aulas.

Dentro do ensino de eletroquímica, que é o enfoque nesta pesquisa, buscamos verificar na literatura a disponibilização de artigos que abordam as atividades experimentais e que podem subsidiar o ensino e a aprendizagem dos conceitos eletroquímicos, assim foi encontrada uma variedade de trabalhos que trazem como principais assuntos: as reações de oxirredução (PALMA e TIERA, 2003; FRANCISCO JUNIOR e DOCHI, 2006), a corrosão (SOUZA, SOUZA e MAINIER, 2007; SANJUAN et al., 2009; FRAGAL et al., 2011), as pilhas naturais (SILVA, SILVA e AQUINO, 2014; MELO et al., 2016), as pilhas e as baterias utilizando materiais convencionais e não convencionais (BOFF e FRISON, 1996; HIOKA et al., 1998; HIOKA et al., 2000; OLIVEIRA, VALLE e ZANLUQUI, 2001; RUBINGER e BRAATHEN, 2012; SANTOS JUNIOR et al., 2016); as células eletrolíticas (SARTORI et al., 2013; BARRETO, BATISTA e CRUZ, 2017).

As reações de oxirredução são conceitos introdutórios da eletroquímica, desse modo, Nogueira, Goes e Fernandez (2017) desenvolveram uma análise, entre os anos de 2000 a 2014, acerca dos trabalhos envolvendo o ensino de reações de oxirredução publicados nos principais anais dos eventos científicos brasileiros em Ensino de Ciências, sendo eles: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ) na seção de Ensino de Química; Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (EPPEQ) e Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). De acordo com os autores, verificou-se que a maior parte das estratégias de ensino utilizada em sala de aula em relação a esse

conteúdo está sendo direcionada ao uso da experimentação em um formato demonstrativo, dando ênfase à utilização de materiais alternativos.

Nas pesquisas relatadas nesta seção, verificamos que as atividades experimentais devem ser conduzidas no ensino, de forma a colaborar para a construção de conhecimentos dos estudantes. Caso contrário, será apenas uma estratégia que servirá para tratar de forma tradicional o conteúdo, reduzindo-se apenas ao entendimento que elas servem para comprovar e ilustrar a teoria.

Portanto, percebemos que se faz necessário ao professor ter o conhecimento das modalidades de atividades experimentais, da mesma maneira que seria importante que ele repensasse sobre os objetivos da aplicação dessa estratégia em sala de aula e apresentasse definitivamente a posição de mediador do conhecimento. Contudo, precisamos levar em consideração que não é tão simples ao professor adotar essa prática nas aulas, pois demanda a disponibilidade de materiais, espaço apropriado na escola, tempo hábil para planejar e preparar o experimento, formação, dentre outras variáveis que permeiam o ensino.

Ainda assim, ao empregar uma atividade experimental, por mais básica que ela seja, se for bem orientada, possivelmente trará bons resultados para aprendizagem dos estudantes. Por essa razão, na presente pesquisa de mestrado, procuramos trabalhar com essa estratégia didática, acreditando que ela enriquece as aulas, principalmente se for incorporada em uma metodologia didática que vise ao aprendizado significativo, levando em conta a relevância dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Outro aspecto importante das atividades experimentais é oportunizar aos estudantes a observação e a análise do nível macroscópico da Química, e ainda se esta for aliada às TDICs, que enfoca o submicroscópico, pode propiciar aos estudantes a assimilação dos conceitos químicos. Portanto, entendemos que tanto as TDICs como as atividades experimentais podem contribuir para o ensino de eletroquímica, destacando que são muitas as pesquisas que trazem possibilidades de uso dessas estratégias didáticas, entretanto poucas abordam a sua implementação em sala de aula.

Na UEPS desenvolvida neste estudo, utilizamos, nas situações de ensino, a modalidade de atividade experimental “demonstração/observação aberta”, cuja abordagem foi escolhida devido à escola na qual aplicamos esta pesquisa, pois ela não possui laboratório e tem poucos materiais disponíveis para a execução dessa estratégia.

## CAPÍTULO 3 PERCURSO METODOLÓGICO

### 3.1 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Esta investigação tem fundamentação de cunho qualitativo e consiste em uma pesquisa do tipo intervenção pedagógica, na qual foram analisadas diversas situações de ensino, tendo em vista o objetivo central de promover a aprendizagem significativa de conceitos de eletroquímica. Segundo Damiani *et al.* (2013), a pesquisa do tipo intervenção pedagógica consiste em uma investigação que requer o planejamento e a implementação de interferências (mudanças e inovação), que busquem promover avanços e melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos participantes, seguidos de avaliação da eficácia dessas intervenções.

Uma das características da abordagem qualitativa em educação pressupõe que o pesquisador deva frequentar o local de estudo por interessar-se pelo contexto. Assim, as ações podem ser mais bem compreendidas quando são observadas em seu ambiente natural de ocorrência (BOGDAN e BIKLEN, 1994). De forma inerente, esta pesquisa foi realizada mediante um cenário escolar que envolve professora (pesquisadora) e alunos em uma investigação direcionada no âmbito do Ensino de Ciências.

De acordo com Martínez (2012), o pesquisador em Ensino de Ciências depara-se com um microcosmo social repleto de interpretações, intenções, crenças e discursos dos sujeitos envolvidos no processo educacional, contudo, a sua pesquisa não pode desconsiderar os valores e os significados dos participantes dos processos pedagógicos.

Na pesquisa em ensino de Química, a metodologia qualitativa é considerada relevante, uma vez que coloca a educação como um processo interativo que repercute no envolvimento entre professores, alunos e os conceitos científicos específicos da Química, que, segundo Mól (2017):

Ao contrário da Química, o Ensino de Química migra de metodologias quantitativas para metodologias qualitativas. Isso porque não lida com substâncias, mas sim com pessoas, exigindo melhor descrição do contexto de estudo e compreensão de que em diferentes momentos os resultados podem ser muito diferentes, apesar de se trabalhar com um mesmo grupo de pessoas, sejam professores, alunos ou mesmo contextos de ensino (MOL, 2017, p. 501).

Diante disso, esta pesquisa foi embasada e discutida à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de modo que elaboramos, aplicamos e analisamos uma UEPS, na qual tratamos de conceitos ligados ao conteúdo de eletroquímica. Nesse

viés, considerando que, para existir aprendizagem significativa, o sujeito precisa manifestar predisposição em aprender, foi necessário introduzir, na UEPS, recursos como as Tecnologias Digitais e Atividades Experimentais, que favoreceram a premissa supracitada da TAS. Além disso, nesta pesquisa, procuramos suscitar, em sala de aula, os pressupostos do construtivismo, dando ênfase ao que o aprendiz já sabe e a sua participação efetiva como sujeito principal da sua própria construção de conhecimento.

### 3.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Para a execução desta pesquisa foi selecionada a Escola Estadual Pólo Francisco Cândido de Rezende que pertence ao Distrito de Anhanduí, município de Campo Grande, MS. Essa instituição educacional pública oferece o Ensino Médio Regular, como também a Educação de Jovens e Adultos (Ensino Fundamental e Médio). Atualmente, a Escola possui um universo de 333 alunos em curso, oriundos da zona rural (assentados, pequenos produtores e trabalhadores do campo) e moradores do Distrito de Anhanduí, localizados na zona urbana. A permissão dessa instituição para a realização da pesquisa foi concedida por meio de uma declaração da direção da Escola, autorizando a realização do estudo (Apêndice A).

O Distrito de Anhanduí, *locus* da pesquisa, está vinculado ao município de Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul. De acordo com os dados do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o distrito conta com uma população total de 4.267 habitantes, sendo 2.350 do sexo masculino e 1.917 do sexo feminino.

A rede escolar municipal e estadual oferece à população do Distrito o Ensino Fundamental e Médio, sendo que a rede municipal de ensino com duas escolas é responsável pelo Ensino Fundamental e o Ensino Médio com uma escola compete à rede estadual de ensino.

### 3.3 SUJEITOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA

Os participantes desta pesquisa foram 19 alunos do segundo ano B e 18 alunos do segundo ano C do ensino médio, totalizando 37 estudantes, sendo esses considerados alunos frequentes e regularmente matriculados no período noturno e que aceitaram participar da pesquisa. A faixa etária apresentada por esses alunos consiste entre 15 a 35 anos, de modo que 15 alunos são menores de idade no 2ºB e 12 alunos são menores de idade no 2ºC.

Neste estudo, optamos pelas duas turmas, pois, de acordo com a grade curricular do segundo ano, é contemplado o conteúdo de eletroquímica, que foi aplicado nas intervenções de ensino. Para identificarmos os alunos, utilizamos a denominação de B1 a B19 para os alunos do 2ºB e C1 a C18 para os alunos do 2ºC.

Diante disso, para que fosse possível desenvolver uma triangulação dos resultados de forma adequada, considerando todos os instrumentos utilizados durante a UEPS, inicialmente verificamos o quantitativo de alunos que participaram de cada etapa da coleta de dados. Neste viés, elaboramos o Quadro 3 (três) indicando o quantitativo de alunos do 2º B e o Quadro 4 (quatro) indicando o quantitativo de alunos do 2º C e assinalando suas presenças com um (x) para cada instrumento aplicado.

Quadro 3. Quantitativo de alunos do 2ºB que participaram em cada instrumento aplicado durante a UEPS.

<b>Instrumentos</b> <b>Alunos</b>	<b>Questionário inicial</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Prova avaliativa</b>	<b>Mapa Conceitual</b>	<b>Nova situação da aprendizagem</b>	<b>Pós-teste</b>
<b>B1</b>	x	x	x		x	
<b>B2</b>	x	x	x	x		x
<b>B3</b>	x	x	x	x	x	x
<b>B4</b>	x	x	x		x	x
<b>B5</b>	x	x				
<b>B6</b>	x	x	x	x	x	x
<b>B7</b>	x					
<b>B8</b>	x	x			x	
<b>B9</b>	x	x	x	x	x	
<b>B10</b>	x	x	x	x	x	
<b>B11</b>	x	x	x		x	x
<b>B12</b>	x	x	x	x	x	x
<b>B13</b>	x	x	x	x	x	
<b>B14</b>	x	x	x	x	x	x
<b>B15</b>	x				x	
<b>B16</b>	x	x		x	x	x
<b>B17</b>	x	x	x	x	x	x
<b>B18</b>		x	x	x	x	x
<b>B19</b>					x	x
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>11</b>

Fonte: A autora (2018).

Quadro 4. Quantitativo de alunos do 2ºC que participaram em cada instrumento aplicado durante a UEPS.

<b>Instrumentos</b> <b>Alunos</b>	<b>Questionário inicial</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Prova avaliativa</b>	<b>Mapa Conceitual</b>	<b>Nova situação da aprendizagem</b>	<b>Pós-teste</b>
<b>C1</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C2</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C3</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C4</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C5</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C6</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C7</b>	x	x	x		x	
<b>C8</b>	x	x	x	x		
<b>C9</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C10</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C11</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C12</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C13</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C14</b>	x	x	x	x	x	x
<b>C15</b>			x	x	x	x
<b>C16</b>					x	x
<b>C17</b>			x			x
<b>C18</b>			x	x	x	
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>15</b>

Fonte: A autora (2018).

Ao observarmos o Quadro 3 (três) e o Quadro 4 (quatro), notamos que alguns alunos não estavam presentes na aplicação dos instrumentos de dados. Mediante tal situação, podemos elencar quais são os supostos fatores que repercutiram nessas ausências: 1) Um número significativo de alunos reside na zona rural, portanto o deslocamento até escola nem sempre é favorável, como, por exemplo, em dias chuvosos; 2) a aplicação da UEPS nas duas turmas ocorreu durante o quarto bimestre, no qual alguns alunos já estavam matematicamente aprovados ou reprovados; 3) nesse mesmo período (4º bimestre), muitos eventos aconteceram na escola, como as provas do Sistema de Avaliação da Educação da Rede Pública de Mato Grosso do Sul (SAEMS); 4) os feriados que se sucederam durante os meses de outubro e novembro do ano de 2017 contemplaram um longo período de dias que acabaram interferindo no desenvolvimento da UEPS.

Este grupo aceitou participar da pesquisa, fazendo-o por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) e, para alunos considerados menores de 18 anos, os responsáveis assinaram o Termo de Assentimento (Apêndice

C). Tais termos são pautados em orientações solicitadas pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (CEP/UFMS), a qual a pesquisadora está envolvida, sendo que, nos termos, havia informações em relação aos objetivos da pesquisa, atividades que seriam desenvolvidas, como também os direitos que o aluno teria ao participar do estudo. Este trabalho teve a aprovação junto ao CEP/UFMS, protocolado sob número 2.519.351/CAAE: 79915317.3.0000.0021.

### 3.4 INSTRUMENTOS DE DADOS

Os instrumentos utilizados durante a pesquisa para o registro de informações foram o pré-teste e o pós-teste, questionário inicial, mapa conceitual, prova avaliativa, questionário de “nova situação de aprendizagem”. Neste sentido, podemos enfatizar que buscamos aplicar em nossa investigação vários tipos de instrumentos, corroborando com o enfoque qualitativo que apresenta aspectos multimetodológicos, isto é, utilizam-se diversos procedimentos e instrumentos de coleta de dados (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 1999).

Por conseguinte, na análise de tais instrumentos, a intenção foi acompanharmos a evolução conceitual dos alunos referente tanto aos conceitos da eletroquímica quanto aos conceitos químicos relacionados a ela. Além disso, a coleta de dados auxiliou no levantamento de indícios de Aprendizagem Significativa dos conceitos, concepções e representações estudados pelos alunos.

A seguir, estão descritos, de forma detalhada, cada instrumento de coleta de dados utilizados nesta pesquisa.

#### 3.4.1 Questionário Inicial

O questionário inicial teve como finalidade identificar possíveis conhecimentos relevantes já estudados pelos alunos no primeiro ano do Ensino Médio e que poderiam servir para a aprendizagem dos novos conceitos eletroquímicos. A partir disso, esse questionário apresentou sete questões (Apêndice D), que buscaram levantar os conhecimentos prévios dos alunos pertinentes aos conceitos de corrente elétrica, condutividade elétrica nos compostos iônicos, moleculares e metálicos, processo de dissociação iônica e ionização. Os objetivos das questões (Q) estão apresentados no Quadro 5 (cinco).

Quadro 5: Questões do questionário inicial e seus objetivos.

Questão	Objetivo da Questão
Q1	Caracterizar o processo de corrente elétrica.
Q2	Reconhecer uma solução eletrolítica.
Q3 – a	Descrever o processo de dissociação iônica.
Q3 – b	Analisar a condução de corrente elétrica nos compostos iônicos.
Q3 - c	Identificar o cátion e o ânion no processo de dissociação iônica.
Q3 - d	Explicar a ligação química que ocorre nos compostos iônicos.
Q3 - e	Correlacionar as variáveis de uma solução iônica, sendo essas, concentração e a sua condução de corrente elétrica.
Q4	Avaliar a condução de corrente elétrica na água destilada (pura) e na água potável (torneira).
Q5	Identificar, quais espécies químicas (íons/elétrons) são responsáveis pela condução de corrente elétrica em soluções iônicas e em compostos metálicos.
Q6 – a	Reconhecer uma solução não-eletrolítica.
Q6 – b	Diferenciar o processo de dissociação iônica com o processo de dissolução de uma substância molecular.
Q6 – c	Explicar a ligação química que ocorre nas substâncias moleculares.
Q7 – a	Descrever o processo de ionização.
Q7 – b	Identificar a ligação química que ocorre na substância molecular proposta.
Q7 – c	Analisar se a ionização de uma substância molecular resulta em solução eletrolítica.
Q7 – d	Identificar o cátion e o ânion no processo de ionização.

Fonte: A autora (2018).

As questões apresentadas no questionário inicial e nos testes que serão relatados em seguida foram abertas e fechadas. Nas questões abertas, solicitamos aos respondentes que proporcionassem as suas próprias respostas, já nas questões fechadas, o respondente escolheria uma alternativa dentre as que são apresentadas em uma lista, assim esse procedimento confere maior uniformidade às respostas (GIL, 2008).

### 3.4.2 Pré-teste e Pós-teste

A eletroquímica não está contemplada dentre os conteúdos estudados no ensino fundamental, sendo somente introduzida no segundo ano do ensino médio, de acordo com o Referencial Curricular da Rede Estadual de Ensino SED/MS (2012). Considerando isso, os questionamentos do pré-teste (Apêndice E) indagavam especificamente em relação às Pilhas e Baterias. Após as intervenções realizadas na pesquisa, foi aplicado um pós-teste (Apêndice F).

O pré-teste foi composto por dez questões abertas e uma questão fechada, já o pós-teste apresentou nove questões abertas e uma questão fechada. Para que pudéssemos investigar os conhecimentos que os alunos possuíam sobre o conteúdo

proposto e, além disso, examinarmos como foi o progresso da aprendizagem deles, no decorrer da intervenção de ensino, delineamos quais seriam os objetivos dos questionamentos dos testes que estão apresentados no Quadro 6 (seis) a seguir.

Quadro 6: Questões do pré-teste e pós-teste e seus objetivos.

Questão		Objetivo da Questão
Pré-teste	Pós-teste	
Q1	Q1	Conceituar o estudo da eletroquímica
Q2 – a	Q2 – a	Descrever quais são as transformações de energia que ocorrem no interior de uma pilha, quando em funcionamento.
Q2 – b	Q2 – b	Apontar como ocorre e quais as formas de condução de corrente elétrica em uma pilha.
Q2 – c	Q2 – c	Explicar o porquê a lâmpada liga ao ser conectado em uma pilha.
Q3	Q3	Diferenciar e exemplificar os termos Pilhas e Baterias.
Q4	Q4	Indicar características que distingue os diversos tipos de pilhas.
Q5	Q5	Justificar o porquê as pilhas se esgotam e deixam de funcionar.
Q6	Q6	Argumentar sobre o descarte correto de Pilhas e Baterias.
Q7	Q2 – d	Explicar a denominação dos polos da pilha a partir dos processos eletroquímicos (ex: oxidação/redução, movimento dos íons no interior da pilha).
Q8	Q7	Descrever sobre a denominação de pilha “alcalina”, podendo relacioná-la a sua composição, especificamente ao eletrólito.
Q9	Q8	Descrever sobre a denominação de pilha “seca”, podendo relacioná-la a sua composição, especificamente ao eletrólito.
Q10	Q9	Comparar e justificar a durabilidade entre a pilha alcalina e a pilha seca.
Q11	Q10	Expor razões que expliquem porque algumas pilhas apresentam vazamento de suas substâncias.

Fonte: A autora (2018).

Cabe ressaltar que foi realizado um estudo piloto tanto do questionário inicial supramencionado quanto do pré-teste e que incluiu, como campo de análise, duas escolas da rede estadual no município de Campo Grande – MS, as quais denominamos, neste estudo, como escola A e escola B. Com isso, foi selecionada uma turma na escola A e uma turma na escola B, ambas do segundo ano do ensino médio, período matutino e as professoras que lecionam são licenciadas em Química. Na turma da escola A, foi aplicado o questionário inicial para 26 alunos e o pré-teste para 18 alunos, fazendo-se em dias alternados. Na turma da escola B, foi aplicado o questionário inicial para 30 alunos e o pré-teste para 17 alunos em dias também alternados.

O estudo piloto possibilita a validação dos instrumentos, assegurando que cada um possa prestar resultados próprios que respondam conforme as perguntas da pesquisa; permite antever os resultados; analisar se o método de coleta é viável em cada fase de

execução; rever e reformular os tópicos necessários. Assim, o estudo piloto apresenta-se como um recurso oportuno, de modo que concede ao pesquisador coerência nas decisões metodológicas de seu trabalho (BAILER, TOMITCH e D'ELY, 2011).

### **3.4.3 Mapa Conceitual**

O mapa conceitual foi um instrumento utilizado na UEPS que pode subsidiar a professora no acompanhamento do desempenho do ensino e da aprendizagem de seus alunos, possibilitando indícios de ocorrência de Aprendizagem Significativa. Nessa perspectiva, Moreira (2006) enfatiza que o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação pode ser muito útil ao professor, pois apresenta condições sobre como avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, ou seja, como ele organiza, hierarquiza, diferencia, relaciona os conceitos no mapa.

Ao longo da intervenção didática, cada aluno tinha que elaborar um mapa-teste sobre qualquer abordagem relacionada ao seu cotidiano e também um mapa conceitual final do conteúdo estudado. Assim, quando o aluno envolve-se na construção do mapa conceitual, isso, conseqüentemente, implica a percepção e a autonomia de seu próprio processo de aprendizagem, isto é, fica evidente para si mesmo quais são as suas facilidades e as dificuldades no assunto estudado (TAVARES, 2007).

### **3.4.4 Prova Avaliativa**

A prova avaliativa (Apêndice G) foi composta por seis questões, dissertativas, múltipla-escolha e com opção de verdadeiro ou falso. Os assuntos presentes nas questões correspondiam aos conteúdos trabalhados durante a etapa dos organizadores prévios. Portanto, tais questões serviram para examinar se houve um desenvolvimento conceitual por parte dos alunos. Esse instrumento correspondeu a mais um instrumento elaborado e aplicado para triangulação dos dados, favorecendo maior veracidade aos resultados da pesquisa.

### **3.4.5 Questionário da Nova situação de aprendizagem**

O questionário, que se encontra no Apêndice H, está vinculado à etapa de uma nova situação da aprendizagem que propicia a verificação de possíveis evidências de aprendizagem significativa. Conforme Moreira (2006a), os testes de compreensão devem ser elaborados de modo diferente e apresentados em um contexto distinto

daquele originalmente encontrado no material instrucional. Nesse viés, podemos solicitar ao aluno que diferencie ideias relacionadas, porém não idênticas, ou que identifique os elementos referentes a um conceito ou proposição ou também a outros conceitos similares.

Com isso, Ausubel propõe que sejam formuladas atividades de maneira nova e não familiar que requeiram a máxima transformação do conhecimento adquirido. Em consonância com a TAS, propomos uma atividade em que os alunos deveriam analisar duas pilhas usadas em nosso dia a dia e responder aos questionamentos aplicando os conceitos eletroquímicos estudados na pilha de Daniel. Desse modo, a nova situação de aprendizagem pretendia ter como elemento de análise a pilha seca de zinco e carbono e a pilha alcalina.

As questões presentes neste instrumento tinham como principais objetivos:

- Elucidar as vantagens e desvantagens da pilha seca e da pilha alcalina;
- Determinar as reações de oxidação e redução presentes nas pilhas;
- Identificar o agente oxidante e o agente redutor das pilhas;
- Reconhecer o cátodo e o ânodo das pilhas;
- Indicar a substância constituinte de cada eletrodo e o sentido do fluxo de elétrons na pilha em funcionamento.

### 3.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Na aplicação do questionário inicial, buscamos constatar uma provável ocorrência de *subsunçores* dos sujeitos da pesquisa, assim em sua análise estabelecemos três critérios para as respostas apresentadas pelos alunos, em comparação com a ‘resposta de referência’ determinada pela pesquisadora com embasamento na bibliografia da área. Com isso, classificamos os *subsunçores* em satisfatórios, parcialmente satisfatórios e inconsistentes.

- *Subsunçor* satisfatório: a resposta do aluno à questão proposta deve estar concernente à ‘resposta de referência’ em sua totalidade.
- *Subsunçor* parcialmente satisfatório: a resposta do aluno à questão proposta apresenta aspectos consideráveis que sejam concernentes à ‘resposta de referência’, mas não em sua totalidade.
- *Subsunçor* inconsistente: a resposta do aluno à questão proposta não é concernente à ‘resposta de referência’, em nenhum aspecto de sua totalidade.

Para examinar os dados dos testes (pré e pós) que se procedeu de forma qualitativa, de modo que foram estabelecidos critérios adaptados de Vasquez-Alonso *et al.* (2008) para as respostas fornecidas pelos alunos, de modo que se pode categorizá-las em Adequadas, Plausíveis e Inadequadas.

Com isso, a resposta considerada adequada deve-se demonstrar conceitos/concepções/informações convenientes ao conhecimento que está sendo estudado. Uma resposta que não seja integralmente adequada, por expressar apenas alguns aspectos apropriados ao conhecimento em questão, é denominada como plausível. Logo, uma resposta inadequada é a que aponta conceitos/concepções/informações que não são nem apropriados nem plausíveis ao conhecimento estudado.

Em relação aos mapas conceituais construídos pelos alunos, a análise foi embasada nos critérios adaptados por Trindade e Hartwig (2012), que organizaram categorias para examinar os mapas conceituais evidenciando se eles apresentam conceitos básicos e conceitos novos do conhecimento investigado, ligações entre conceitos, organização e hierarquização do mapa, os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, etc. Além disso, indicam aspectos qualitativos e quantitativos na descrição das categorias que estão expressas no Quadro 7 (sete).

Quadro 7. Categorias de análise dos mapas conceituais.

Categorias	Descrição dos critérios sob a forma de questão(ões)-foco
1- Conceitos básicos	O mapa tem pelo menos 50% dos conceitos básicos da lista fornecida / ou do mapa de referência?
2- Conceitos novos (criatividade)	Há algum conceito novo relevante para o assunto em questão?
3- Ligações entre conceitos	Todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas?
4- Palavras de ligação (conectivos)	A maioria das palavras de ligação/frases de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam?
5- Exemplos	O mapa apresenta exemplos apropriados para o assunto em questão?
6- Clareza do mapa; estética do mapa; capricho; símbolos geométricos (caixas, círculos)	O mapa é legível e de fácil leitura? Existe clareza de leitura do mapa para o leitor? O mapa é legível, sem riscos ou borrões? A caligrafia é legível? Todos os conceitos aparecem em caixas (retângulos)? Há correção ortográfica?
7- Proposições (conceito-palavra de ligação-conceito)	O mapa tem pelo menos 50% da quantidade de proposições válidas do mapa de referência? As proposições têm significado lógico do ponto de

	vista semântico e científico? As conexões estão de acordo com o que é cientificamente aceito? (“O núcleo do átomo é constituído por prótons, nêutrons e elétrons.”)
8- Hierarquização	Há uma ordenação sucessiva dos conceitos? Demonstrou-se boa hierarquização dos conceitos, representada por pelo menos 03 níveis hierárquicos? O mapa é em forma de árvore (dendrítico), em vez de alinhado (linear)?
9- Diferenciação progressiva	É possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados? É possível identificar, com clareza, os conceitos mais gerais e os mais específicos? Há uma diferenciação conceitual progressiva que mostra o grau de subordinação entre os conceitos? O conceito superordenado é o mais vasto, amplo e abrangente?
10- Reconciliação integrativa (criatividade)	Há uma recombinação, ou seja, um rearranjo dos conceitos? Há relações cruzadas ou transversais entre conceitos pertencentes a diferentes partes do mapa?

Fonte: Trindade e Hartwig (2012).

Os instrumentos mencionados no percurso metodológico estão organizados em uma UEPS que será detalhada na próxima seção.

### 3.6 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

A UEPS foi construída em sete momentos, tendo sido necessárias 17 aulas para a sua aplicação, de modo que toda a descrição acerca dos conteúdos, objetivos e metodologias utilizadas estão detalhadas nos planos de aula presentes no Apêndice I. No Quadro 8 (oito), em continuidade, está descrita a organização dos conteúdos, mediante as atividades realizadas em sete momentos da UEPS.

Quadro 8. Organização dos conteúdos referentes às atividades da UEPS.

Momentos da UEPS	Data de aplicação da aula	Atividades	Objetivos	Conteúdos
I	<i>Aula 1:</i> 03/10/2017	<i>Aula 1:</i> Aplicação do pré-teste	Verificar os possíveis conhecimentos prévios que os estudantes possuem sobre eletroquímica, em particular pilhas e baterias.	Pilhas e baterias; Transformações de energia na pilha; Condução de corrente elétrica na pilha; Íons; Diferença de potencial elétrico da pilha; Impactos ambientais e

				descarte de pilhas e baterias.
	<b>Aula 2:</b> 05/10/2017	<i>Aula 2:</i> Aplicação do questionário inicial	Averiguar os possíveis conhecimentos relevantes já estudados pelos alunos no primeiro ano do Ensino Médio, e que podem servir para aprendizagem dos novos conhecimentos que se direcionarás ao estudo das pilhas e baterias.	Ligações químicas; Corrente elétrica; Dissociação iônica e ionização; Solução eletrolítica e não-eletrolítica.
II	<b>Aula 3:</b> 18/10/2017  <b>Aula 4:</b> 24/10/2017	<i>Aula 3:</i> Etapa do organizador prévio - Trabalhar de forma expositivo-dialogada as ligações químicas, processos de dissociação iônica e ionização e o conceito de corrente elétrica. Realizar uma atividade experimental ‘testando a condução de corrente elétrica nos materiais’. <i>Aula 4:</i> Roteiro de exploração da simulação ‘soluções de açúcar e sal’.	Compreender as condições necessárias para que haja condução de eletricidade nos materiais, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.	Ligações químicas; Corrente elétrica; Dissociação iônica e ionização; Solução eletrolítica e não-eletrolítica.
III	<b>Aula 5:</b> 25/10/2017	<i>Aula 5:</i> Solicitar aos alunos que confeccionem mapas conceituais sobre diversos temas relacionados ao cotidiano deles, esses mapas serão considerados mapas-testes.	Explicar a técnica de mapas conceituais, apontando sua importância como instrumento de avaliação da aprendizagem; apresentar o software CmapTools.	Mapas Conceituais
IV	<b>Aula 6:</b> 26/10/2017  <b>Aula 7:</b> 31/10/2017  <b>Aula 8:</b> 06/11/2017  <b>Aula 9:</b> 07/11/2017	<i>Aula 6:</i> Atividade experimental ‘Investigando o cobre metálico em uma solução de nitrato de prata’. <i>Aula 7:</i> Conceituar e exemplificar de forma expositivo-dialogada as reações de oxirredução, número de oxidação, agente redutor e agente oxidante. <i>Aula 8:</i> Roteiro de exploração da simulação ‘Metals in Aqueous Solutions’. <i>Aula 9:</i> Trabalhar de forma expositivo-dialogada a tabela de	Conceituar número de oxidação, reações de oxirredução, agente oxidante e agente redutor; Identificar os agentes oxidante e redutor em uma reação de oxirredução; Compreender em nível macroscópico, submicroscópico e simbólico as reações de oxirredução.	Número de oxidação (Nox); Reações de oxirredução; Agente oxidante e agente redutor; Tabela de potenciais-padrão de redução.

		potenciais-padrão de redução.		
V	<i>Aula 10:</i> 08/11/2017	<i>Aula 10:</i> Debate em grande grupo com os alunos a respeito da história das pilhas, descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias.	Conhecer a história da invenção da pilha; Debater sobre o descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias.	História da invenção das pilhas Questões ambientais envolvidas no descarte das pilhas e baterias.
VI	<i>Aula 11:</i> 13/11/2017 <i>Aula 12:</i> 14/11/2017 <i>Aula 13:</i> 17/11/2017	<i>Aula 11:</i> Atividade experimental 'Pilha de Daniell'. <i>Aula 12:</i> Roteiro de exploração da simulação <i>Voltaic Cell</i> . <i>Aula 13:</i> Elucidar de forma expositivo-dialogada a diferença de potencial (ddp) entre os polos de uma pilha e o cálculo da ddp.	Compreender as transformações de energia química em energia elétrica; Conhecer a história da invenção da pilha; Discutir sobre o descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias; Entender a diferença de potencial (ddp) entre os polos de uma pilha e o cálculo da ddp.	Reações de oxirredução; Pilhas e baterias, Diferença de potencial das pilhas.
VII	<i>Aula 14:</i> 21/11/2017	<i>Aula 14:</i> Será solicitada aos alunos a construção de um mapa conceitual, a ser confeccionado individualmente e sem consulta.	Averiguar a possível organização conceitual do conteúdo de eletroquímica, após as intervenções propostas na UEPS mediante a solicitação de um mapa conceitual para os alunos.	Todos os conteúdos abordados na intervenção didática entre as aulas 1 e 13.
	<i>Aula 15:</i> 23/11/2017	<i>Aula 15:</i> Aplicação de uma avaliação tradicional	Verificar os possíveis resultados da intervenção por meio da aplicação de uma avaliação tradicional.	Todos os conteúdos abordados na intervenção didática na etapa do organizador prévio entre as aulas 4 e 5.
	<i>Aula 16:</i> 27/11/2017	<i>Aula 16:</i> Teste da Nova Situação de Aprendizagem	Verificar os possíveis resultados da intervenção por meio da aplicação de um teste envolvendo uma nova situação que utiliza conceitos abordados em eletroquímica.	Todos os conteúdos abordados na intervenção didática entre as aulas 1 e 13; Pilha Seca e Pilha Alcalina.
	<i>Aula 17:</i> 04/12/2017	<i>Aula 17:</i> Aplicação pós-teste	Analisar como foi o progresso da aprendizagem dos alunos no decorrer da UEPS.	Pilhas e baterias; Transformações de energia na pilha; Condução de corrente elétrica na pilha; Íons; Diferença de potencial elétrico

				da pilha; Impactos ambientais e descarte de pilhas e baterias.
--	--	--	--	--

Fonte: A autora (2018).

As etapas da UEPS estão relatadas a seguir:

### ✧ *1º Momento da UEPS: Levantamento dos conhecimentos prévios*

Um dos preceitos importantes para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, uma das estratégias para estabelecer essa relação é a identificação dos conceitos *subsunçores* disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Por isso, essa etapa correspondeu à aplicação dos instrumentos de coleta de dados supracitados, sendo eles, o pré-teste e o questionário inicial.

### ✧ *2º Momento da UEPS: Organizador prévio: Explorando a condução de corrente elétrica nos materiais*

Salientamos que, com a análise do questionário e do pré-teste, observamos a necessidade de empregar a estratégia do organizador prévio, pois verificamos que os alunos não possuíam os *subsunçores* relevantes ao conteúdo de ensino para ancoragem à nova aprendizagem. Os organizadores prévios servem como ponte cognitiva entre os conhecimentos que o aluno já conhece e os que ele deve conhecer para aprender de forma significativa o novo material.

Nesse viés, para desenvolvermos essa estratégia, utilizamos três aulas que tiveram como finalidade fazer com que os alunos compreendessem as condições necessárias para que existisse condução de eletricidade nos materiais, aplicando conceitos químicos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.

Em vista disso, a primeira aula (50 min.) decorreu, inicialmente, de forma expositivo-dialogada, em que pretendemos retomar brevemente os conceitos mais gerais acerca da estrutura da matéria, relacionados principalmente com a formação de compostos iônicos, moleculares e metálicos, que são considerados relevantes/conhecidos pelos alunos, até o processo de dissociação iônica e ionização, para que daí, então, pudéssemos diferenciar tais conceitos em situações mais específicas como o entendimento de uma das propriedades da matéria que consiste no

comportamento das substâncias quanto à condutividade elétrica. Posteriormente, foi demonstrada uma atividade experimental denominada ‘*testando a condução de corrente elétrica nos materiais*’ (Anexo 1), utilizando um equipamento simples para realizar testes de condutividade elétrica em materiais metálicos e soluções iônicas e moleculares.

A última aula do organizador prévio ocorreu em cerca de 100 minutos na sala de tecnologias da escola, na qual foi possível exemplificar os conceitos abordados na aula anterior, procurando novamente retomar os conceitos do mais geral para o mais específico e vice-versa, pois, de acordo com Moreira (2006a), devemos realizar constantes referências ao geral para não perder a visão do todo e, a partir disso, reestruturar cada vez mais o geral.

Com isso, inicialmente, fizemos uso do simulador PhET<sup>2</sup> ‘Solução de Açúcar e Sal’ (Figura 4), que permitiu representar a condução de corrente elétrica de substâncias iônicas e moleculares em solução aquosa e no estado sólido, assim, ilustrando a análise e a discussão da aula antecedente e, principalmente, dando enfoque à compreensão do nível submicroscópico da matéria. Para condução dessa aula, a professora aplicou um roteiro de exploração sobre a simulação que está descrito no Apêndice J.

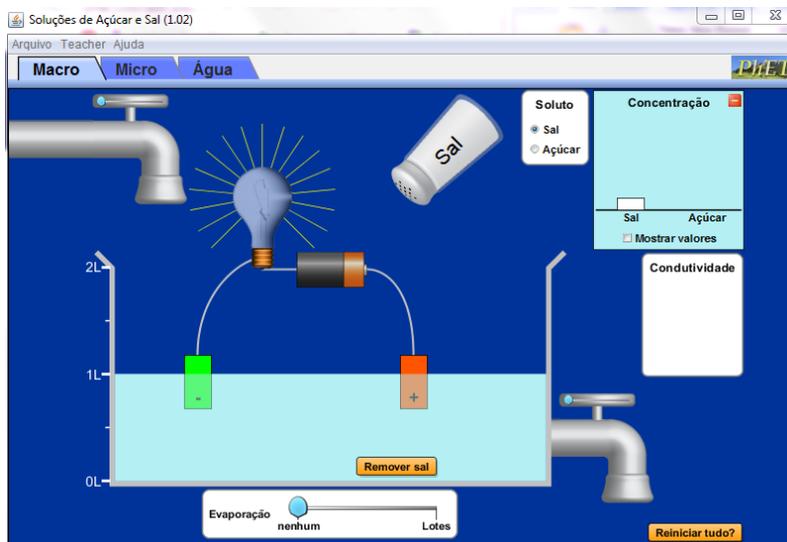


Figura 4. Página inicial do simulador PhET ‘Solução de Açúcar e Sal’.  
Fonte: PhET Interactive Simulations.

<sup>2</sup> O Projeto Simulações Interativas PhET da Universidade do Colorado (PhET) disponibiliza várias simulações em Java para física, biologia, química, ciências da terra e matemática, de modo que as simulações podem ser livremente usadas e/ou redistribuídas por terceiros (estudantes, educadores, escolas, museus, etc.) e estão acessíveis em português no *site* [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). (LEITE, 2015).

Segundo Paiva e Costa (2005), a estrutura dos Roteiros de Exploração é composta por um conjunto de “dicas” de caráter operacional, combinados com questões interpretativas e reflexivas. Ao aplicar o Roteiro de Exploração, sugere-se que os alunos sejam dispostos em grupos de dois ou três, em frente ao computador, propondo uma eventual interação. Corroborando com a Teoria da Aprendizagem Significativa, esse momento favorece a negociação de significados entre os estudantes e o professor.

### ✧ *3º Momento da UEPS: Construindo mapas-teste*

No momento da intervenção, percebemos que os alunos já apresentavam certo conhecimento em relação a esse instrumento, pois haviam construído um mapa conceitual em outra disciplina, entretanto a concepção que eles tinham sobre os mapas conceituais era muito equivocada, relatavam que não gostavam da ideia de produzir novamente essa atividade, apontando que era muito complexo, além de não saberem qual o objetivo e a função desse instrumento nas aulas. Diante desse cenário, podemos argumentar que os alunos não estão acostumados ao processo construtivista e significativo de aprendizagem, no entanto, é imprescindível que o professor, ao introduzir alguma estratégia de ensino em sala de aula, explicita de modo claro ao aluno o propósito dela, dando sentido ao trabalho pedagógico.

Com isso, foi necessário realizar uma aula com 100 minutos consecutivos para explicarmos sobre os mapas conceituais, apresentarmos a sua definição e objetivos, assinalamos a sua relevância como técnica de estudo, servindo como subsídio no acompanhamento da aprendizagem tanto para o professor como para o aluno.

Posteriormente, quando a professora dialogou com os alunos apontando qual a finalidade e a importância dos mapas conceituais, foi-lhes solicitado que produzissem um mapa-teste referente a quaisquer temáticas, de forma que não precisaria estar vinculado aos conteúdos químicos. Na socialização dos mapas-teste, percebemos que muitos deles elaboraram mapas pertinentes a sua profissão, esportes, curso de formação, atividades rurais, música.

### ✧ *4º Momento da UEPS: Investigando as reações de oxirredução com metais em soluções aquosas*

Numa situação de ensino, devemos considerar que o conteúdo precisa estar bem organizado para ter significado lógico, por isso, além de levar em conta a estrutura cognitiva do aluno e o uso de organizadores prévios, precisamos também seguir alguns princípios programáticos essenciais para o planejamento na TAS.

Portanto, o próximo momento da UEPS atendeu aos fundamentos da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, por meio de uma aula com 50 minutos que tratou de uma atividade experimental demonstrada pela professora, sendo intitulada: “Investigando o cobre metálico em uma solução de nitrato de prata”. Esse experimento permitiu tratar do conceito mais inclusivo da eletroquímica, que é as reações de oxirredução, até os mais específicos, que correspondem ao número de oxidação, agente redutor, agente oxidante.

Cabe destacar que as atividades experimentais empregadas na sequência didática fazem parte da modalidade “demonstração/observação aberta” proposta por Araújo e Abib (2003), na qual o professor executa o experimento e propicia aos alunos a realização de discussões e aprofundamento dos aspectos conceituais e práticos, permitindo a colocação de hipóteses e instigando a reflexão crítica.

Durante as observações dos alunos ao experimento, a professora realizou alguns questionamentos, como: Quais são os indícios de que ocorreu uma reação química? Por que a coloração da solução de nitrato de prata foi alterada? Por que se formam cristais no fio de cobre? Através disso, a professora retomou conceitos trabalhados na estratégia do organizador prévio como a dissociação iônica e levantou hipóteses junto aos alunos para responder a tais indagações. No decorrer da aula, os alunos assistiram a um pequeno vídeo do site “*Envisioning Chemistry*<sup>3</sup>”, com o intuito de visualizarem imagens tomadas sob um microscópio desse experimento.

Na aula posterior, foram apresentados, de modo expositivo-dialogado em 50 minutos, os conceitos trabalhados no experimento, assim conceituando e exemplificando as reações de oxirredução, número de oxidação, agente redutor e agente oxidante, bem como os alunos resolveram alguns exercícios sobre o assunto, sendo que a aula foi finalizada com a elucidação de um mapa conceitual (Figura 5) sobre os assuntos estudados.

---

<sup>3</sup> Envisioning Chemistry. Disponível em: < <https://www.envisioningchemistry.com/black-and-white>>. Acesso em: 11. Out. 2017.

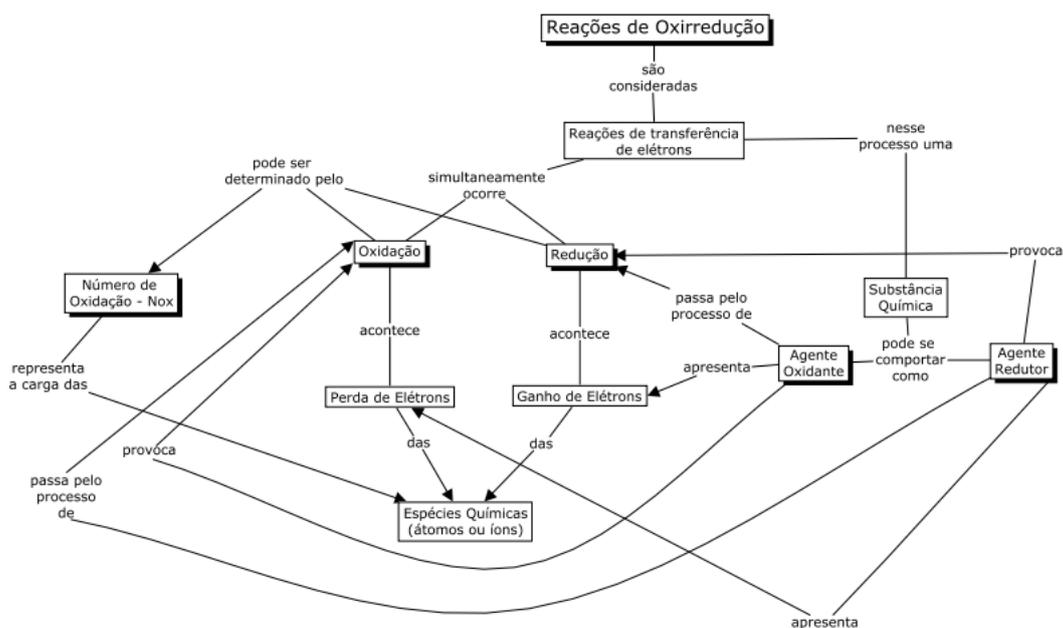


Figura 5. Mapa Conceitual sobre as reações de oxirredução.  
Fonte: A autora (2018).

Para investigar o potencial de redução de espécies químicas em reações de oxirredução que ocorrem entre os metais magnésio, zinco e cobre e os seus íons em solução, utilizamos a simulação ‘*Metals in Aqueous Solutions*’<sup>4</sup>, que aconteceu em uma aula de 100 minutos, visando observar e prever se uma substância química comporta-se como redutora ou oxidante diante da outra; investigar se uma reação de oxirredução é ou não espontânea e compreender a lógica de organização da tabela de potenciais de redução. Ademais, essa simulação permite discutir com mais ênfase o nível submicroscópico das reações de oxirredução.

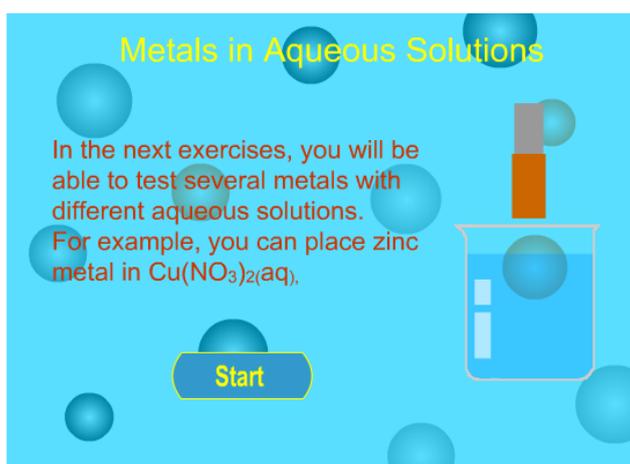


Figura 6. Página inicial da simulação ‘*Metals in Aqueous Solutions*’.  
Fonte: <http://intro.chem.okstate.edu/>.

<sup>4</sup> *Metals em Aqueous Solutions*. Disponível em: <<http://intro.chem.okstate.edu/1515F01/Laboratory/ActivityofMetals/home.html>>. Acesso em: 13 out. 2018.

Percebemos que essa simulação (Figura 6) está em língua inglesa. Assim, a professora buscou projetá-la na lousa digital, a fim de conduzir a manipulação dessa ferramenta para orientar as observações dos alunos, que, além disso, receberam um roteiro de exploração da simulação (Apêndice K).

Por conseguinte, para discutirmos os conceitos observados na simulação, com o intuito de servirem como ideias-âncoras para assimilação da nova aprendizagem, foi necessário mais uma aula expositivo-dialogada de 100 minutos. Assim, buscamos diferenciar, por meio de especificidades, as reações de oxidação e as reações de redução, para, assim, relacioná-las e organizá-las do mais oxidante para o menos oxidante e do mais redutor para o menos redutor, desse modo, explicando aos alunos a origem e a função da tabela de potenciais-padrão de redução.

Destacamos que as reações de oxirredução foram trabalhadas em várias situações de ensino (aula expositiva, TDICs e atividade experimental), procurando estabelecer os conceitos na estrutura cognitiva dos alunos, corroborando, neste sentido, com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), que preconizam o princípio da Consolidação, no qual abordam a importância do aluno ter aprendido o conteúdo de forma clara, estável e organizada, antes de avançar no estudo de novos materiais.

#### *✧ 5º Momento da UEPS: Estudando a história das pilhas e as implicações do descarte desses dispositivos ao meio ambiente*

Esse momento da UEPS envolveu o estudo da história da invenção das pilhas e as implicações do descarte incorreto desses dispositivos no ambiente. A princípio, em uma aula de 50 minutos, os alunos assistiram ao vídeo<sup>5</sup> produzido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio) com a finalidade de conhecerem aspectos históricos que levaram à produção das primeiras pilhas, sobretudo quando destaque para as descobertas de Galvani e as experiências de Daniell. Após isso, a professora organizou um grande grupo para realizar uma leitura compartilhada do texto ‘Pilhas e baterias<sup>6</sup>’ presente no livro didático e o artigo científico ‘O bicentenário da invenção da pilha elétrica<sup>7</sup>’. Em seguida, procedemos ao entendimento das leituras e do

---

<sup>5</sup> Vídeo “Tudo se transforma – Pilhas e Baterias”. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy\\_Itu-8](https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_Itu-8)>. Acesso em: 11 out. 2017.

<sup>6</sup> SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MOL, Gerson de Souza. **Química Cidadã**. 2. ed. São Paulo: AJS, 2013. 3 v.

<sup>7</sup> TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, v. 11, p.35-39, maio 2000.

vídeo a partir de um debate que teve como pauta a temática da invenção das pilhas e o seu descarte inadequado.

Para que os alunos pudessem negociar os significados neste grande grupo, a professora conduziu alguns questionamentos, como: i) o que fazer com as pilhas e as baterias quando elas não funcionam mais? ii) proponham uma maneira viável de recolhimento de pilhas e baterias para não jogar esses materiais diretamente no lixo; iii) quais são os metais que você identifica nas pilhas? iv) O que são metais pesados? v) o metal que contamina o nosso corpo é o mesmo que faz parte dos objetos metálicos? vi) o ferro presente em nosso sangue é o mesmo presente nas panelas de ferro? vii) qual é a importância dos metais para o nosso organismo?

### ✧ *6º Momento da UEPS: Analisando as transformações de energia no funcionamento das pilhas*

Após trabalharmos com as reações de oxirredução, a história das pilhas e o seu descarte, partimos para o entendimento do funcionamento das pilhas e baterias. Assim, em uma aula de 100 minutos, foi realizada a demonstração da Atividade Experimental, intitulada “Pilha de Daniell” (Anexo 2). Desse modo, seguimos na condução dessa aula reportando as explicações dos processos de oxirredução que serviram como ideias-âncoras para a compreensão do experimento e só então foram abordados os conceitos mais específicos os quais diziam respeito aos elementos que compõem a pilha e aos fenômenos observados durante o seu funcionamento (Figura 7).

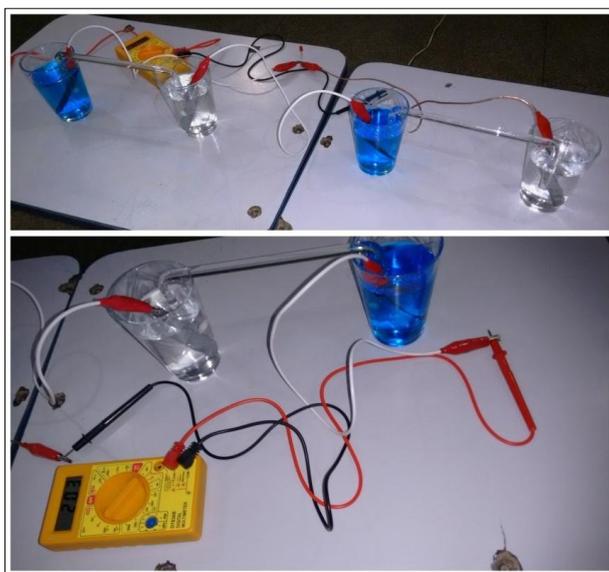


Figura 7. Atividade experimental ‘Pilha e Bateria de Daniell’.  
Fonte: A autora (2018).

Depois, em outra aula de 50 minutos, na sala de tecnologias, a professora enfatizou os conceitos novamente utilizando a simulação ‘Voltaic Cell’<sup>8</sup> (Figura 8), principalmente para tratar de particularidades do nível submicroscópico. Cabe salientar que a simulação também apresenta a tabela de potencial-padrão de redução de alguns metais, dessa forma foi possível realizar alguns testes para abordar o potencial elétrico de uma pilha, assim foi entregue um roteiro de exploração (Apêndice L) para cada aluno.

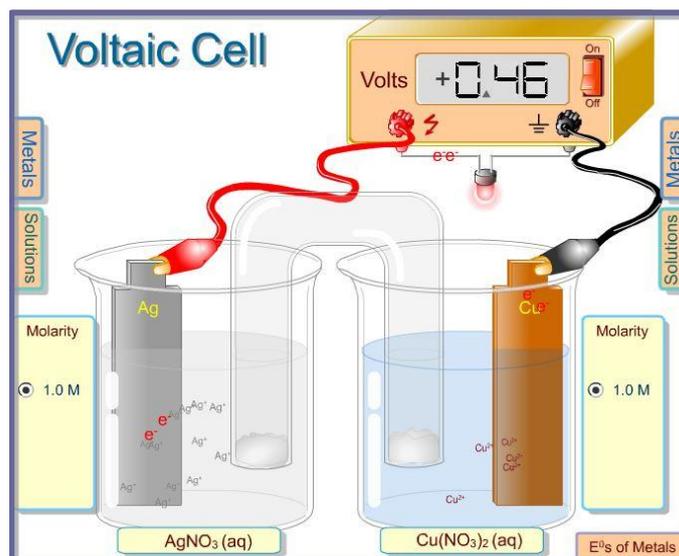


Figura 8. Página inicial da simulação ‘Voltaic Cell’.  
 Fonte: <http://www.profpc.com.br/>.

A partir das observações realizadas na atividade experimental e na simulação, principalmente em relação ao uso do aparelho multímetro, tivemos mais uma aula expositiva de 50 minutos para trabalharmos com a diferença de potencial (ddp) entre os polos de uma pilha e o cálculo da ddp. O potencial elétrico de uma pilha pode ser determinado de duas maneiras básicas: experimentalmente, por meio de um aparelho chamado multímetro, ou teoricamente, por meio de cálculos a partir dos potenciais das semirreações envolvidas. Nesse viés, a professora abordou o cálculo da ddp da pilha de Daniell do experimento, logo com o resultado comparou com os alunos o valor teórico com o valor encontrado experimentalmente.

### ✧ 7º Momento da UEPS - Avaliação da aprendizagem

<sup>8</sup> Voltaic Cell. Disponível em:  
 <<http://www.profpc.com.br/Simula%C3%A7%C3%A3o/Eletoqu%C3%ADmica/voltaicCellEMF.html>>.  
 Acesso em: 10 out. 2017.

A avaliação da aprendizagem, por meio da UEPS, precisa ocorrer no decorrer de sua implementação, assinalando todos os aspectos que podem dar indícios de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado.

Como parte da avaliação da aprendizagem, para verificarmos o estabelecimento de relações entre os novos conceitos e os fenômenos observados nas aulas expositivas, experimentais e com o uso das TDICs, os alunos individualmente produziram um mapa conceitual relacionado às Pilhas e Baterias. Para isso, tiveram uma aula (100 minutos) e não poderiam consultar nenhum material durante esse momento.

Os alunos entregaram os mapas conceituais em papel sulfite, porém, com o intuito de termos uma melhor visualização dos mapas, decidimos transpô-los para o programa *CmapTools* (<https://cmap.ihmc.us/>), que é utilizado especificamente na confecção de mapas conceituais e possibilita uma edição personalizada dos conceitos e suas frases de ligação, sendo desenvolvido pelo Institute for Human & Machine Cognition (IHMC) da Universidade do Oeste da Flórida (LEITE, 2015).

Após a produção dos mapas conceituais, os alunos realizaram uma prova avaliativa tradicional que tratou principalmente de conceitos químicos estudados na etapa do organizador prévio. Naquele momento da prova, os alunos não tiveram acesso a nenhum material para consulta.

Posteriormente, aplicamos o teste da nova situação de aprendizagem que ocorreu em uma aula de 50 minutos, que teve como principal abordagem a investigação dos processos eletroquímicos que acontecem no interior da pilha seca e na pilha alcalina. Nas aulas anteriores, foi analisada a pilha de Daniell, que forneceu os principais conceitos da eletroquímica para compreensão sobre como se sucede à transformação de energia química em energia elétrica no funcionamento de uma pilha. De tal modo, aproveitamos tais conhecimentos já estudados e, nessa nova situação de aprendizagem, os alunos fizeram uma leitura do artigo científico “Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental” de Bocchi, Ferracin e Biaggio (2000), pertinente ao assunto investigado e responderam alguns questionamentos do teste que já foram mencionados anteriormente na seção de coleta de dados.

Ao final de todas essas etapas descritas da UEPS, os alunos realizaram o pós-teste em uma aula de 50 minutos, que consistiu no último instrumento aplicado. Com isso, na análise dos dois testes (pré e pós), a intenção foi examinar os conceitos eletroquímicos, antes e após as intervenções.

## CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos instrumentos aplicados aos alunos no decorrer da UEPS, abordados no capítulo 3 (três), a discussão dos resultados será organizada separadamente para cada instrumento utilizado.

Em relação aos dois primeiros instrumentos utilizados na UEPS, que corresponderam ao questionário inicial e ao pré-teste, e levando em consideração o referencial teórico adotado para a pesquisa, estão listados em sequência os conceitos *subsunçores* satisfatórios para a ancoragem da nova informação, que os alunos deveriam apresentar para ocorrência de aprendizagem significativa.

- **Corrente elétrica**: conhecimento sobre o processo que caracteriza uma corrente elétrica e condições necessárias para que haja condução de corrente elétrica nos materiais, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.
- **Soluções eletrolíticas e não-eletrolíticas**: reconhecimento das soluções que são condutoras de eletricidade, através das espécies químicas (íons livres/moléculas) presentes nessas soluções.
- **Ligações químicas**: formação das substâncias iônicas, moleculares e metálicas relevantes/conhecidas, para evidenciar a propriedade física de condutividade elétrica nos materiais.
- **Processo de dissociação iônica e ionização**: fatores que propiciam a separação dos íons em compostos iônicos e a formação dos íons em substâncias moleculares, bem como a identificação dos cátions e ânions.
- **Transformações de energia em uma pilha**: conhecimento sobre conceito de energia química e energia elétrica e as transformações que ocorrem entre elas.
- **Condução de corrente elétrica na pilha**: elementos que compõem uma pilha (fio metálico/eletrodos/solução eletrolítica) e que promovem a condução de corrente elétrica nesse dispositivo.
- **Diferença entre pilhas e baterias**: aspectos (composição/conexões entre ânodo-cátodo/potencial elétrico) que particularizam esses dois dispositivos.
- **Descarte de pilhas e baterias**: descarte inadequado das pilhas e baterias e os impactos ambientais causados na natureza.
- **Os Polos da pilha**: influência dos polos no funcionamento de uma pilha.
- **Tipos e características das pilhas**: pilha alcalina, pilha seca e pilha de Daniell.

- **Potencial elétrico das pilhas:** entendimento de que uma pilha só produz trabalho por conta da sua diferença de potencial elétrico.

Com a análise das respostas do questionário inicial, identificamos os *subsunçores* classificados como satisfatórios, parcialmente satisfatórios ou inconsistentes. Já no pré-teste, a análise estabeleceu-se por critérios adaptados de Vasquez-Alonso *et. al.* (2008) para as respostas fornecidas pelos alunos, que são categorizadas em Adequadas, Plausíveis e Inadequadas. Os dados investigados nesses dois instrumentos serviram para o planejamento e a produção das intervenções instrucionais de ensino.

#### 4.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO INICIAL

A partir da análise realizada de todas as respostas apresentadas pelos 17 alunos do segundo ano B e os 14 alunos do segundo ano C no questionário inicial, cujo principal intuito consistiu na verificação da ocorrência de *subsunçores*, apresentamos alguns exemplos de respostas que foram fornecidas, com a categorização desses dados através dos *subsunçores* considerados satisfatórios, parcialmente satisfatórios e inconsistentes. Organizamos, no Quadro 9 (nove), tais elementos, em que somente as questões objetivas Q1, Q2 e Q5 não estão presentes. Abordamos, também, os novos conhecimentos/informações que foram trabalhados durante a UEPS.

Quadro 9. Questões do questionário inicial e exemplos de respostas para classificação dos *subsunçores*.

Questões	Pergunta	<i>Subsunçores</i> satisfatórios/ parcialmente satisfatórios	<i>Subsunçores</i> inconsistentes	Novas informações e conceitos abordados durante a UEPS
Q3a	Como você descreveria o processo de dissociação iônica?	(B14) - É como se a dissociação separa-se os cátions dos ânions. (B17) - Os cátions e os ânions são envolvidos por moléculas de água, que faz com que aconteça a dissociação. (C10) - A separação dos íons de Cl <sup>-</sup> dos de Na <sup>+</sup> .	(B1) - Quando estão no processo de dissociação vão se espalhando pela água. (C12) - Os cristais de NaCl vão ser jogados em um copo com água, íon Na <sup>+</sup> se envolvem na água e o Cl <sup>-</sup> também se envolve dissolvendo-os na água. (B6) - As moléculas	Elucidação dos fatores que propiciam a dissociação iônica, bem como sua relação com a condução de corrente elétrica nas soluções iônicas.

			se desfazem e se misturam com as outras.	
<b>Q3b</b>	Por que o cloreto de sódio dissolvido em água conduz corrente elétrica e quando sólido não conduz corrente elétrica?	(B15) - Ele dissolvido entra em movimento com as moléculas da água. E ele sólido está firme.	(C10) - Dissolvido os elétrons ficam livres, e sólido isso não acontece. (C1) - Corrente elétrica só acontece quando o cloreto de sódio é dissolvido. (C2) - Por que a condução de corrente elétrica, ocorre por meio de elétrons livres.	Comparar o comportamento e a organização das espécies químicas (íons) presentes nos compostos iônicos em um retículo cristalino e quando dissolvidas em água e seu favorecimento na condução de corrente elétrica.
<b>Q3c</b>	Identifique o cátion e o ânion resultante da dissociação iônica.	(B17) – Ânion: Cl <sup>-</sup> / Cátion: Na <sup>+</sup> .	(C1) - Íon Na <sup>+</sup> / íon Cl <sup>-</sup> . (B9) - Cátion é o Cl <sup>-</sup> e o ânion é o Na <sup>+</sup> .	Classificação dos íons e sua identificação no processo de dissociação iônica.
<b>Q3d</b>	Qual tipo de ligação química ocorre no cloreto de sódio (NaCl)? Explique.	(B1) - Ligação Iônica. (B14) - Ligação iônica, entre íons positivos (cátions) e negativos (ânions).	(B16) - Ligação covalente, porque há separação de elétrons. (C12) - Ligação insaturada, porque o sódio pode voltar depois de ser dissolvido na água.	Reconhecimento da ligação iônica como responsável pela formação de compostos iônicos, e sua implicação na propriedade física de condutividade elétrica dos materiais.
<b>Q3e</b>	Se aumentar a concentração de cloreto de sódio, o que ocorrerá com a condutividade elétrica da solução? Explique.	(C14) - Irá aumentar, pois terá mais cátions e ânions. (B3) - Ela aumentará, pois estará mais concentrada. (B6) - Ficará maior, pois aumenta o número de átomos positivos e negativos.	(C10) - Ela vai aumentar. Por isso, vai aumentar os elétrons na água. (B17) - Ela diminuirá, porque teria mais Cl <sup>-</sup> do que Na <sup>+</sup> .	Correlacionar à condutividade elétrica com a concentração das soluções.
<b>Q4</b>	Por que a água destilada (pura) não conduz corrente elétrica e a água potável (torneira) conduz?	(C14) - Porque a água potável tem substâncias que podem contribuir na condução elétrica.	(C12) - Porque a pura não tem substâncias, já a água de torneira tem, porque ela foi tratada.	Analisar se o tipo de substância que está dissolvida na água afeta a sua condutividade elétrica.
<b>Q6a</b>	A dissolução da molécula de sacarose em água resulta em uma solução eletrolítica ou não-eletrolítica? Explique.	(B15) – Não-eletrolítica, pois na dissolução não apresenta nem ânion e nem cátion responsável pela corrente elétrica. (C10) Não. Por que não acontece a dissociação iônica, apenas a dissolução.	(B8) - Eletrolítica, pois resulta em uma corrente elétrica.	Entendimento sobre a condução de corrente elétrica nas substâncias moleculares e classificação das soluções eletrolíticas e não-eletrolíticas.
<b>Q6b</b>	Ocorre o processo de dissociação	(B17) - Não, porque não possui íons.	(B6) - Sim, pois ela se mistura as	Diferenciar os processos de dissolução e

	iônica ao dissolver a sacarose em água? Explique.	(C13) - Não, porque para ocorrer uma dissociação iônica precisa do cátion e do ânion para que eles se atraiam e se misturem de acordo. (C10) - Não. Porque a sacarose não é uma ligação iônica.	moléculas de água. (C12) - Sim, pois a sacarose esta se dissolvendo na água.	dissociação iônica.
<b>Q6c</b>	Qual tipo de ligação química acontece na sacarose (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> )? Explique.	(B13) - ligação covalente. Eles compartilham os seus elétrons para se estabilizar.	(B9) - É uma ligação covalente porque possui íons (-) e (+) que traz corrente elétrica.	Reconhecimento da ligação covalente como responsável pela formação das substâncias moleculares, e sua implicação na propriedade física de condutividade elétrica dos materiais.
<b>Q7a</b>	Como você descreveria o processo de ionização?	(B14) - como se fosse um processo de separação entre as moléculas que possuem cátions e as que possuem ânions.	(C14) - Quando os íons se juntam.	Compreensão dos fatores que ocorrem no processo de ionização.
<b>Q7b</b>	Qual tipo de ligação química ocorre no ácido clorídrico (HCl)? Explique.	(B13) - ligação covalente, eles compartilham elétrons.	(B17) - iônica, porque possuem íons.	Identificação das ligações químicas nas substâncias conhecidas/relevantes.
<b>Q7c</b>	A ionização do HCl resulta em uma solução eletrolítica ou não-eletrolítica? Explique.	(B10) - eletrolítica por causa do cátion e ânion.	(B15) - eletrolítica, pois possui reagentes positivos e negativos.	Associar a condução de eletricidade nas substâncias moleculares que sofrem ionização.
<b>Q7d</b>	De acordo com a equação, identifique o cátion e o ânion resultante da ionização do HCl.	(C13) - Cátion = H <sup>+</sup> , Ânion= Cl <sup>-</sup> .	(C14) - Cátion = Cl <sup>-</sup> e o ânion= H <sup>+</sup> .	Classificação dos íons e sua identificação no processo de ionização.

Fonte: A autora (2018).

Ao averiguarmos os exemplos das respostas retratadas no Quadro 9 (nove), notamos os prováveis *subsunçores* satisfatórios, parcialmente satisfatórios ou inconsistentes na estrutura cognitiva dos alunos, de modo que isso permitiu relacioná-los com os novos conhecimentos que foram elucidados no decorrer da UEPS.

Na investigação desses *subsunçores*, percebemos dificuldades de compreensão dos alunos, por meio das respostas da questão Q3a - sobre como ocorre a dissociação iônica, sendo que tal processo acontece justamente pela dissolução de compostos iônicos, porém, na resposta do aluno B6, somente é indicado que “moléculas” estariam supostamente envolvidas:

- “As moléculas se desfazem e se misturam com as outras.” (B6).

A solvatação é uma consequência da dissociação iônica. Dessa forma, na solvatação dos íons de um sólido iônico, os íons são envoltos por moléculas de água de acordo com as interações entre os polos dessas moléculas e, assim, os ânions e os cátions são separados (CARMO e MARCONDES, 2008). Nesse viés, o aluno B6 apresenta uma concepção errônea em relação ao processo de dissociação iônica, quando relata que as “moléculas se desfazem”, de forma que, pelo contrário, ele deveria apontar que, nos compostos iônicos, os seus “íons são separados” por interações com a molécula de água, sendo essa a única substância molecular presente nesse processo. Em contrapartida, os alunos B14, B17 e C10 demonstram compreender de maneira elementar, mas, ainda assim, conseguem explicar a dissociação iônica.

- “É como se a dissociação separa-se os cátions dos ânions.” (B14).
- “Os cátions e os ânions são envoltos por moléculas de água, que faz com que aconteça a dissociação”. (B17).
- “A separação dos íons de  $\text{Cl}^-$  dos de  $\text{Na}^+$ .” (C10).

Um detalhe relevante analisado na resposta do aluno B17, que não foi constatado nas respostas dos alunos B14 e C10, é que ele explica brevemente a dissociação iônica enfatizando que os íons são envolvidos por moléculas de água, ou seja, as moléculas de água ocupam uma função fundamental na decorrência desse processo. Echeverría (1996), em sua pesquisa, ao tratar do ensino de soluções, averiguou que a maioria dos alunos investigados não admitiu que a dissociação iônica fosse causada pela interação entre um composto iônico e a água, sendo que alguns alunos chegaram a afirmar que a água não era importante no efeito desse fenômeno. A autora ainda destaca que, devido a nenhum aluno abordar a solvatação dos íons e atribuir à água um papel secundário, isso evidencia a ausência de uma compreensão submicroscópica da dissolução.

Neste aspecto, Nery, Liegel e Fernandez (2007) indicam que a falta de compreensão dos alunos em relação ao processo de dissociação iônica resulta em obstáculos para a assimilação de muitos outros conceitos pertinentes a temas de relevância curricular do Ensino Médio na Química, como, por exemplo, os princípios fundamentais de eletroquímica.

A questão Q6b também indaga os alunos se ao dissolver a sacarose em água resultaria no processo de dissociação iônica. Neste sentido, verificamos que aluno C10 aponta que não seria possível acontecer dissociação iônica na sacarose, pois ela não é uma ligação iônica:

- “Não. Porque a sacarose não é uma ligação iônica.” (C10).

O que aparentemente o aluno C10 busca relatar é que a sacarose não é constituída por ligações iônicas e, portanto, não poderia suceder-se na dissociação iônica. Essa afirmação é válida de se considerar, haja vista que somente nos compostos iônicos acontece esse fenômeno. Contudo, o aluno não deixa claro que a sacarose é formada por ligações covalentes. Do mesmo modo, Echeverría (1996) percebeu que os alunos geralmente mostram dificuldades para explicar a dissolução da sacarose na água e que um dos pré-requisitos para entender a dissolução das substâncias seria basicamente já ter conhecimento sobre o conteúdo de ligações químicas.

Em consequência disso, abordamos o processo de dissociação iônica na etapa dos organizadores prévios, principalmente salientando um estudo mais voltado aos fenômenos químicos em nível submicroscópico. Para isso, utilizamos a simulação computacional “Soluções de Açúcar e Sal”, que é um aplicativo desenvolvido em linguagem Java<sup>9</sup> e possibilita aos alunos a visualização sobre como os compostos iônicos e covalentes dissolvem-se na água, além de elucidar as partículas das espécies químicas e suas interações e a realização de testes de condutividade elétrica nas soluções.

Com relação à condução de corrente elétrica nas soluções iônicas, também nos deparamos com determinadas respostas que demonstraram pouco entendimento dos alunos sobre o assunto, como, por exemplo, mencionado pelo aluno C10 ao responder a questão Q3e e pelo aluno C2 ao responder a questão Q3b:

- “Ela vai aumentar. Por isso, vai aumentar os elétrons na água” (C10).
- “Por que a condução de corrente elétrica, ocorre por meio de elétrons livres” (C2).

---

<sup>9</sup> Java é a linguagem de programação orientada a objetos, desenvolvida pela Sun Microsystems, habilitada para produzir aplicativos para *desktop*, aplicações comerciais, *softwares* robustos, completos e independentes, aplicativos para a *Web* (CLARO e SOBRAL, 2008).

Na questão Q3e quando o aluno (C10) expressa que possivelmente a condutividade elétrica da solução aumentará e que isso está relacionado ao aumento de “elétrons” na água, encontramos um equívoco, pois a condutividade de uma solução depende dos íons presentes, assim quando a solução é diluída a condutividade diminui, de modo que ocorre a dispersão dos íons na solução, mas se aumentar a concentração, conseqüentemente, a condutividade aumenta, porque os íons estarão mais próximos.

Nesse mesmo viés, a questão Q3b trata da condução de corrente elétrica nos compostos iônicos em solução ou no estado sólido e o aluno (C2) afirma que a condutividade elétrica ocorre por meio de “elétrons livres”. Nos metais, a espécie química responsável pela condução de corrente elétrica é os elétrons em movimento no material, mas, nas soluções de compostos iônicos, é os íons. Portanto, podemos perceber uma discordância no entendimento dos alunos e, devido a essa situação analisada, em nossa UEPS, tratamos detalhadamente desse assunto na etapa dos organizadores prévios com a mesma simulação computacional “Soluções de Açúcar e Sal”.

Na análise de todas as respostas apresentadas pelos alunos, foram definidos critérios de classificação, sendo as respostas organizadas em categorias específicas para cada questão, conforme apresentadas na Tabela 1 (um).

Tabela 1. Disposição de padrões de respostas em categorias definidas para cada questão e resultados obtidos no questionário inicial.

CATEGORIA QUESTÕES	Subsuçores Satisfatórios		Subsuçores Inconsistentes		Subsuçores Parcialmente Satisfatórios	
	2º B	2º C	2º B	2º C	2º B	2º C
Q1 – Conseguiu caracterizar o processo de corrente elétrica?	8	5	9	9	-	-
Q2 – Conseguiu reconhecer uma solução eletrolítica?	10	5	7	9	-	-
Q3a – Conseguiu descrever o processo de dissociação iônica?	1	1	14	13	2	-
Q3b – Conseguiu analisar a condução de corrente elétrica nos compostos iônicos?	-	-	16	14	1	-
Q3c – Conseguiu identificar o cátion e o ânion no processo de dissociação iônica?	7	5	10	9	-	-
Q3d – Conseguiu explicar a ligação química que ocorre nos compostos iônicos?	1	-	11	12	5	2
Q3e – Conseguiu correlacionar as variáveis de uma solução iônica, sendo essas, concentração e a sua condução de corrente elétrica?	-	1	14	12	3	1
Q4 – Conseguiu avaliar a condução de	-	-	17	13	-	1

corrente elétrica na água destilada (pura) e na a água potável (torneira)?						
Q5 – Conseguiu identificar, quais espécies químicas (íons/elétrons) são responsáveis pela condução de corrente elétrica em soluções iônicas e em compostos metálicos?	8	8	9	6	-	-
Q6a – Conseguiu reconhecer uma solução não-eletrolítica?	1	-	12	12	4	2
Q6b – Conseguiu diferenciar o processo de dissociação iônica com o processo de dissolução de uma substância molecular?	2	-	14	12	1	2
Q6c – Conseguiu explicar a ligação química que ocorre nas substâncias moleculares?	1	-	15	12	1	2
Q7a – Conseguiu descrever o processo de ionização?	-	-	16	14	1	-
Q7b – Conseguiu identificar a ligação química que ocorre na substância molecular proposta?	1	-	14	14	2	-
Q7c – Conseguiu analisar se a ionização de uma substância molecular resulta em solução eletrolítica?	-	-	14	14	3	-
Q7d – Conseguiu identificar o cátion e o ânion no processo de ionização?	6	4	10	10	1	-

Fonte: A autora (2018).

\* Não existem *subsunçores* parcialmente adequados para as questões 1, 2 e 5, uma vez que tratam-se de questões fechadas, impossibilitando análise dessa categoria de *subsunçor*.

Nos dados apresentados na Tabela 1 (um), observamos que uma parte muito significativa dos alunos não apresentou conhecimentos satisfatórios sobre os conceitos de condução de corrente elétrica nos materiais, especialmente quando se tratam das respostas atribuídas às questões Q3b, Q3e, Q4, Q6a e Q7c.

Com a intenção de facilitar a visualização dos dados presentes no questionário inicial, que está disposto de acordo com a distribuição de padrões de respostas em categorias, foi elaborada a Tabela 2 (dois), que mostra as porcentagens das respectivas categorias. Cabe destacar que pontuamos, em negrito, os itens que equivalem à porcentagem mais expressiva para a categoria de cada turma.

Tabela 2: Porcentagens das respostas de cada questão que compõe o questionário inicial e as categorias de subsunçores para as duas turmas pesquisadas.

Questões Classificação das Categorias	2º B			2º C		
	<i>Subsunçores</i> satisfatórios	<i>Subsunçores</i> inconsistentes	<i>Subsunçores</i> Parcialmente satisfatórios	<i>Subsunçores</i> satisfatórios	<i>Subsunçores</i> inconsistentes	<i>Subsunçores</i> Parcialmente satisfatórios
Q1	47,06	<b>52,94</b>		35,71	<b>64,29</b>	
Q2	<b>58,82</b>	41,18		35,71	<b>64,29</b>	
Q3a	5,88	<b>82,36</b>	11,76	7,14	<b>92,86</b>	-
Q3b	-	<b>94,12</b>	5,88	-	<b>100</b>	-
Q3c	41,18	<b>58,82</b>	-	35,71	<b>64,29</b>	-
Q3d	5,88	<b>64,71</b>	29,41	-	<b>85,71</b>	14,29
Q3e	-	<b>82,35</b>	17,65	7,14	<b>85,72</b>	7,14
Q4	-	<b>100</b>	-	-	<b>92,86</b>	7,14
Q5	47,06	<b>52,94</b>		<b>57,14</b>	42,86	
Q6a	5,88	<b>70,59</b>	23,53	-	<b>85,71</b>	14,29
Q6b	11,76	<b>82,36</b>	5,88	-	<b>85,71</b>	14,29
Q6c	5,88	<b>88,24</b>	5,88	-	<b>85,71</b>	14,29
Q7a	-	<b>94,12</b>	5,88	-	<b>100</b>	-
Q7b	5,88	<b>82,36</b>	11,76	-	<b>100</b>	-
Q7c	-	<b>82,36</b>	17,64	-	<b>100</b>	-
Q7d	35,29	<b>58,83</b>	5,88	28,57	<b>71,43</b>	-

Fonte: A autora (2018).

Das 13 questões subjetivas que constituíram o questionário inicial, na turma do segundo ano B, aproximadamente 9,04% das respostas foram apontadas na categoria “*subsunçores* satisfatórios”, 10,88% classificadas como “*subsunçores* parcialmente satisfatório” e 80,08% identificadas como “*subsunçores* inconsistentes”. Já para a turma do segundo ano C, 6,07% das respostas foram categorizadas como “*subsunçores* satisfatórios”, 5,50% foram assinaladas como “*subsunçores* parcialmente satisfatórios” e 88,43% como “*subsunçores* inconsistentes”. A comparação dos dados concernentes aos *subsunçores* identificados pode ser observada no Gráfico 1 (um) representado na Figura 9 (nove), apresentada na sequência.

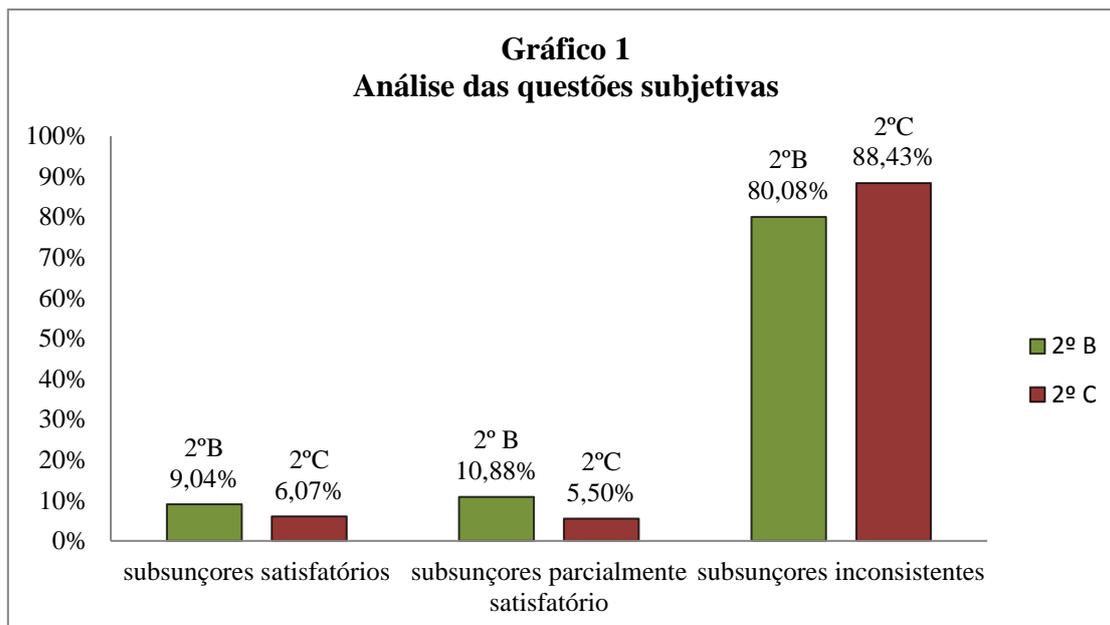


Figura 9. Análise dos subsunçores levantados a partir das questões subjetivas do questionário inicial.  
Fonte: A autora (2018).

Assim, podemos inferir que ao compararmos os resultados apresentados pelas duas turmas, a turma do segundo ano C mostrou um número maior de respostas que se enquadram em conceitos inadequados, bem como as respostas que se referem aos conceitos adequados ou parcialmente adequados, podemos verificar um percentual abaixo dos dados referentes à turma do segundo ano B.

Na apreciação dos resultados da questão objetiva Q1 (Tabela 2), que solicita a caracterização do processo de corrente elétrica, averiguamos que, nas duas turmas, a maior parte das respostas é condizente à categoria de *subsunçores* inconsistentes, em particular no segundo C, com 64,29%. A respeito da temática de corrente elétrica, Leite, Lourenço e Hernandes (2011) trabalharam com mapas conceituais para avaliar o entendimento dos alunos sobre o assunto. Na análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos para identificar os seus conhecimentos prévios, os autores averiguaram um baixo número de conceitos e proposições sobre corrente elétrica, sendo que os alunos apenas trataram da importância da eletricidade na vida do homem, como no seu uso em eletrodomésticos, bem como a sua necessidade para fornecer energia para casas e sua distribuição por fios, isto é, os alunos demonstram um conhecimento pautado meramente no senso comum.

Em relação às questões objetivas Q2 e Q5, percebemos uma diferenciação nos resultados entre as turmas, de modo que, na questão Q2, que trata sobre o reconhecimento de uma solução eletrolítica, houve uma desproporção nas respostas,

uma vez que, na turma do segundo ano C, mais da metade das respostas (64,29%) foi inadequada e considerada como “*subsunçores inconsistentes*”, já na turma do segundo ano B, 58,82% das respostas foram adequadas.

Na questão Q5, que aborda sobre quais espécies químicas (íons/elétrons) são responsáveis pela condução de corrente elétrica em soluções iônicas e em compostos metálicos, constatamos uma contrariedade nas respostas fornecidas pelas duas turmas, sendo que no segundo ano C, 57,14% das respostas foram adequadas, isto é, uma parte expressiva dos alunos identificou as espécies químicas que provocam a condução de corrente elétrica nas soluções e nos metais, mas, em contrapartida, na questão Q2, os dados revelam que os alunos não reconheceram uma solução eletrolítica. Quanto à análise dos dados do segundo ano B, 52,94% das respostas da questão Q5 foram inadequadas, o que também mostra uma contradição com o resultado da questão Q2, já que mais da metade dos alunos conseguiu reconhecer uma solução eletrolítica. Esses dados analisados estão compilados a seguir no Gráfico 2 (dois), da Figura 10.

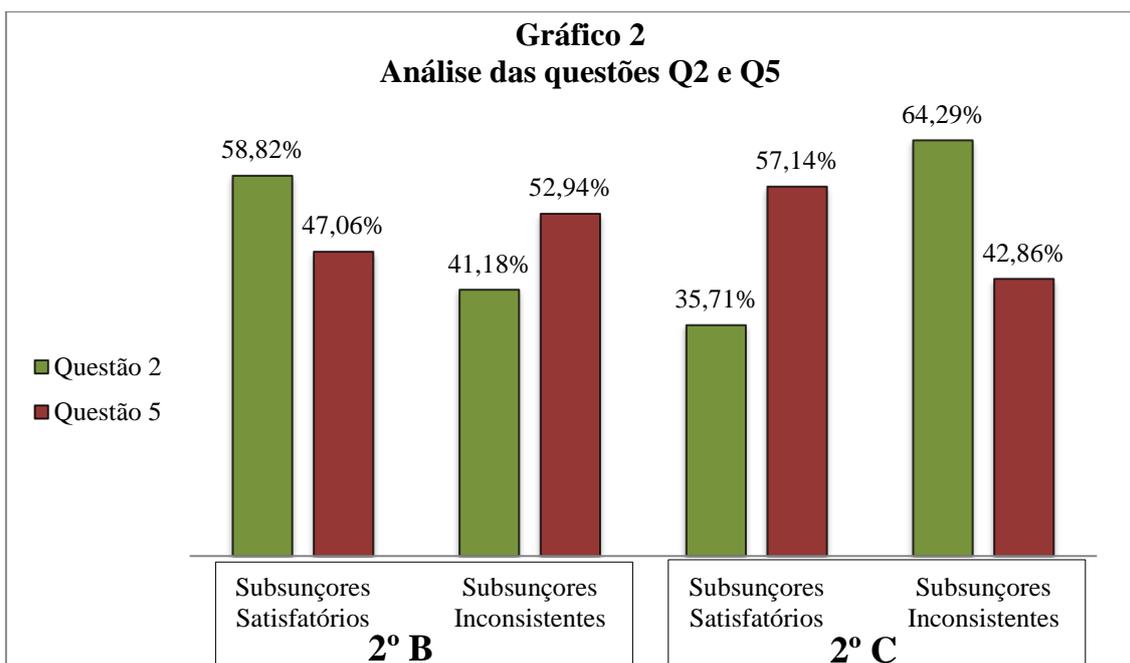


Figura 10. Análise dos subsunçores levantados nas questões 2 e 5 do questionário inicial.  
Fonte: A autora (2018).

Os resultados das questões objetivas (Q2 e Q5) apontam incongruências e corroboram com o que foi mencionado anteriormente nas questões abertas (Q3b, Q3e, Q4, Q6a e Q7c) sobre uma parcela considerável de alunos, que não demonstrou

conceitos satisfatórios para explicar a condução de corrente elétrica nos materiais, principalmente nas soluções.

Perante esse indicativo que mostra um número significativo de respostas que se enquadram na categoria de *subsunções* inconsistentes, podemos inferir que os alunos apresentam dificuldades de compreensão de conceitos básicos da química, como a formação dos compostos iônicos, covalentes e metálicos e sua propriedade de conduzir corrente elétrica. De tal modo, nas questões Q3d e Q7b, que tratam justamente das ligações químicas, a categoria *subsunções* inconsistentes apresenta um percentual maior do que as demais categorias como observado na Tabela 2 (dois), apontando, possivelmente, que os alunos demonstram uma falta de entendimento para identificar e explicar o tipo de ligação química que ocorre em determinadas substâncias, neste caso das questões, foi o cloreto de sódio e, na resposta do aluno B16, o ácido clorídrico para a questão Q3d, percebemos uma incoerência, quando ele relata que o tipo de ligação química que ocorre no cloreto de sódio seria a covalente:

- “Ligação covalente, porque há separação de elétrons.” (B16).

Assim também, constatamos, na questão Q7b, que o aluno B17 refere, em sua resposta, que o tipo de ligação química que ocorre no ácido clorídrico seria a iônica:

- “iônica, porque possuem íons.” (B17).

No tocante aos tipos de ligações químicas, eventualmente, verificamos equívocos nos relatos dos alunos, já que o cloreto de sódio é composto por ligações iônicas e o ácido clorídrico, por ligação covalente. Na pesquisa de Fernandez e Marcondes (2006), que enfatiza as principais concepções dos alunos sobre ligações químicas, foi averiguado que eles apresentam confusão entre a ligação covalente e iônica. As autoras apontam que essas dificuldades conceituais podem ser atribuídas a uma compreensão insuficiente dos alunos em relação à natureza dos átomos e moléculas.

Além desse questionário inicial, utilizamos também outros dois instrumentos, um pré-teste e um pós-teste, que foram aplicados e analisados para que pudéssemos

investigar os conhecimentos prévios sobre pilhas e baterias, antes e após a intervenção da UEPS.

#### 4.2 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Ao investigarmos as respostas fornecidas pelos alunos no pré-teste e no pós-teste, estabelecemos critérios adaptados de Vasquez-Alonso *et al.* (2008) que categorizam as respostas em Adequadas, Plausíveis e Inadequadas.

Desse modo, uma resposta é considerada adequada quando expressa conceitos/concepções/informações concordantes com as perspectivas dos conhecimentos sobre pilhas e baterias. Já uma resposta mesmo não sendo adequada em sua totalidade, é denominada como plausível, e precisa apresentar algumas características pertinentes ao conhecimento estudado. A resposta inadequada é aquela que demonstra conceitos/concepções/informações que não são nem adequados nem plausíveis com a pergunta realizada.

Na análise das respostas fornecidas pelos alunos nos testes, verificamos que alguns deles apresentaram conceitos que, no pré-teste, foram apontados como inadequados, entretanto, no pós-teste, conseguiram demonstrar conceitos plausíveis ou adequados. Assim, organizamos o Quadro 10, no qual apresentamos alguns exemplos de respostas, com a categorização desses dados por meio dos critérios supracitados no parágrafo anterior, de modo que somente a questão objetiva Q1 dos referidos testes não está presente.

Quadro 10. Questões do pré-teste e pós-teste e exemplos de respostas para classificação em adequadas, plausíveis e inadequadas.

Questões	Pré-teste			Pós-teste		
	Adequada	Plausível	Inadequada	Adequada	Plausível	Inadequada
<p><b>Q2a (pré)/Q2a (pós)</b> Descrever quais são as transformações de energia que ocorrem no interior de uma pilha, quando em funcionamento.</p>		<p>(B14) - A substância do polo (-) em contato com a do polo (+) causa uma reação, assim gerando eletricidade. (C10) – uma reação química.</p>	<p>(B6) - ela extrai energia das substâncias e as transformam. (B18) negativa e positiva. (C11) - <math>Zn^{2+}</math> e <math>Cu^{2+}</math>. (C14) - as transformações são a atração dos íons para o eletrólito, aumentando a sua potência gerando energia elétrica.</p>	<p>(B6) - ela funciona pelo processo de oxidação e redução. (B14) - a pilha gera eletricidade, através da diferença de potencial causada pela reação e pela neutralidade da ponte salina. (B18) – a pilha funciona através de uma transferência de elétrons por um processo de oxirredução. (C11) - a pilha tem eletrólitos, dois eletrodos, onde ocorre o processo de oxirredução e os elétrons e íons ficam livres. (C14) - uma pilha funciona através da transferência de elétrons em um circuito fechado.</p>	<p>(C13) – uma pilha funciona com duas substâncias e placas de metais, juntamente com uma ponte salina e fio metálico. (C10) – uma pilha funciona porque possui cátodo e ânodo e uma ponte salina, soluções aquosas, placa de metais como o zinco e o cobre.</p>	<p>(C5) – a pilha é um sistema constituído por dois eletrodos. (C12) – para funcionar uma lâmpada, a pilha deve estar ligada no zinco ou cobre, mais para dar certo precisamos de uma ponte salina.</p>
<p><b>Q2b (pré)/Q2b (pós)</b> Apontar como ocorre e quais as formas de condução de corrente elétrica em uma pilha.</p>		<p>(B12) – o processo de condução ocorre com o fio metálico, positivo e negativo. (C10) – a condução de corrente elétrica ocorre pelos polos da pilha.</p>	<p>(B14) – sua condução depende do contato com algo que exija energia, por isso não dão choque. (C14) – o eletrólito distribuiu energia para os eletrodos. (C13) – passando pela ponte salina conduzindo a</p>	<p>(C13) – a forma mais provável de condução de corrente elétrica é pelos metais através dos elétrons, mas também pode ser conduzida por soluções eletrolíticas. E o que acontece dentro da pilha é que ocorrem as reações de redução e oxidação, a separação dos cátions e dos ânions, tendo assim os polos positivos e negativos. (C15) – a condução elétrica</p>	<p>(C16) – em uma reação de oxirredução propicia o aparecimento de uma corrente elétrica através de um fio condutor. (C10) – do Ânodo polo negativo para o catodo polo positivo, por um fio metálico.</p>	<p>(B12) – a condução de oxidação e redução. (C12) – o zinco é o anodo que oxida para o cobre o cátion. (B6) – zinco, cobre e cloreto de sódio.</p>

			energia. (C11) – a condução ocorre pelo fio metálico.	ocorre nos metais com os elétrons, mas também pode ser conduzida pelos eletrólitos. (C11) – metal pelos elétrons e a solução salina pelos íons.		
<b>Q2c (pré)/Q2c (pós)</b> Explicar o porquê a lâmpada liga ao ser conectada em uma pilha.		(C11) – porque houve transporte de energia entre um polo e outro. (B17) – porque a corrente elétrica da pilha passa para a lâmpada através do fio metálico. (C13) – porque a energia que as pilhas transferem para a lâmpada faz com que ela acenda.	(B3) – porque existia substâncias que ele precisava para acender, nos polos (+) e (-). (B14) – por que a pilha gerou uma corrente suficiente para isso. (C2) – porque foi uma corrente de energia até acender a lâmpada.	(B14) – a diferença de potencial entre os polos. (C13) – placas de metais, soluções eletrolíticas, ponte salina, fio metálico e as reações de redução e oxidação contribuem para a lâmpada acender. (C15) – o conjunto de eletrodos, fios metálicos e ponte salina, fornecem as condições para a movimentação ordenada de cargas elétricas, originando uma corrente elétrica.	(B17) – é necessário acontecer às reações existindo o equilíbrio da ponte salina. (C2) – é necessário soluções, reações químicas e corrente elétrica.	(B12) – é necessário a solução aquosa possuir corrente elétrica. (B3) – uma lâmina de zinco, ponte salina com KCl, uma lâmina de cobre, uma lâmina de cobre, uma solução de $\text{CuSO}_4$ , uma solução $\text{ZnSO}_4$ e fio metálico.
<b>Q3 (pré)/Q3 (pós)</b> Diferenciar e exemplificar os termos pilhas e baterias.		(B2) – a bateria tem mais potência do que a pilha. (B14) – é a capacidade de armazenamento, suas correntes elétricas criadas e seus componentes. (C13) – pilhas muitas vezes são menores que as baterias, as pilhas têm uma carga menor que as baterias.	(B12) – a diferença entre pilha e bateria é a fonte de energia estabelecida em cada objeto ou automóvel determinado. (B11) – as pilhas não podem estabelecer tanta energia para ligar um carro, por isso é usada em coisas menores.	(C13) – pilhas têm dois eletrodos e eletrólitos interligados um ao outro que transforma energia química em energia elétrica. Baterias são duas ou mais pilhas conectadas uma a outra. São utilizadas em celulares, notebooks, caixinha de som. As pilhas utilizam em controles, brinquedos.	(C10) – pilha: uma célula energética. Bateria: duas ou mais células energéticas. Usadas em moto, controle, lanterna. (B14) – as pilhas e baterias, são muito utilizadas por causa de sua portabilidade, são usadas em controles, brinquedos e etc. uma bateria é como várias pilhas unidas. (B2) – são utilizadas em controle de televisão,	(C9) – pilhas em relógio, controle, lanternas, etc. baterias no celular, nos carros, etc. (B4) – as pilhas são feitas para colocar várias coisas tipo controle de TV e a bateria é para celular

					celulares, baterias de carros. Baterias é um conjunto de duas pilhas ou mais. (B12) – bateria é a junção de pilhas unidas. (B11) – bateria é um conjunto de pilhas. Controle da TV, celular.	
<b>Q4 (pré)/Q4 (pós)</b> Indicar características que distingue os diversos tipos de pilhas.	(B6) – porque varia a voltagem e amperagem, ou seja, a capacidade eletrônica. (C4) – porque depende do tamanho do produto e da potência que ele necessita.	(B14) – porque há produtos que necessitam de uma maior ou menor capacidade de armazenamento e corrente de energia. (C8) – cada uma tem uma função cada uma com uma corrente elétrica com porcentagem maior ou menor.	(B17) – por que depende onde vai ser utilizado e o tanto de tempo a ser durável. (C3) – porque as baterias são para objetos que precisam de mais carga.	(B6) – por questão de preço e de duração, as pilhas são diferenciadas por potência (alcalina, seca...). (B17) – por conta de sua durabilidade e voltagem. (C10) – porque cada pilha é feita para um objeto diferente e voltagem e tamanho. (C15) – porque cada pilha tem sua durabilidade diferente: pilhas de maior e menor voltagem. As pilhas comuns não são líquidas e sim uma pasta eletrolítica e já as alcalinas o hidróxido de potássio é melhor. (C3) – cada pilha tem uma voltagem.	(B14) – existem diferentes tipos por causa de suas diferentes cargas. Por exemplo, a pilha seca é mais barata, porém ela é menos resistente que a alcalina que tem mais durabilidade e preço mais elevado. (C4) – existem as pilhas secas que são mais baratas e menos duráveis e existem as alcalinas que são mais caras e duram mais.	(B19) – porque umas duram mais e são melhores que outras porque é recarregável. (B12) – pilha seca, mais barata/pilha alcalinas, melhor qualidade.
<b>Q5 (pré)/Q5 (pós)</b> Justificar o porquê as pilhas se esgotam e deixam de funcionar.		(C4) – porque acaba o potencial do conteúdo da pilha.	(B14) – porque a energia armazenada em seus reagentes se esgota, impedindo a reação. (C14) – porque acaba o eletrólito.	(B14) – isso acontece, porque os reagentes deixam de reagir, acabando com a diferença de potencial. (C14) – a voltagem fica zero, porque a diferença de potencial chega a zero.	(C5) – é porque a pilha acaba a carga e ela para de funcionar. (C12) – porque quando a pilha está em funcionamento o zinco entra em oxidação e	(C9) – porque acaba seus reagentes e elementos. (C4) – isso ocorre quando está acabando o

			(C12) – porque o cobre e o zinco chegam uma hora eles acabam e a energia que tem na pilha também.		perde elétrons nisso o cobre ganha elétrons, e em um determinado momento os volts vão diminuindo.	produto, ou seja, uma das soluções.
<b>Q6 (pré)/Q6 (pós)</b> Argumentar sobre o descarte correto de pilhas e baterias.		(C6) – não é correto porque pilhas e baterias são feitas de metal, e contém alguns tipos de substâncias prejudiciais a natureza. (C12) – não, porque ela tem uma substância que polui o meio ambiente se caso ela explodir. (C3) – não podemos fazer isso, minha solução é quando acabar a carga recarregar e depois quando não tiver mais jeito fazer uma reciclagem.	(B3) – não podem ser descartadas! Pois, mesmo não tendo mais carga suficiente elas ainda ficam com uma carga mínima, que pode causar riscos graves. (C4) – não é correto descartar nos lixões, pois as pilhas e baterias depois de descartadas podem explodir.	(C6) – porque contém alta quantidade de metais pesados. (C17) – algumas pilhas possuem reagentes contendo elevadas quantidades de metais pesados, causando danos a natureza e a saúde humana.	(C12) – porque a substância que tem nela, pode vaziar e nisso poluir ou entram em reação com o lixo doméstico. (C3) – pois, a pilha estoura e o líquido que solta pode causar uma doença, misturado com o lixo.	(C4) – porque contém substâncias químicas em sua composição. (B11) – porque elas causam efeitos perigosos.
<b>Q7 (pré)/Q2-d (pós)</b> Explicar a denominação dos polos da pilha a partir dos processos eletroquímicos		(C11) - significa que a energia tem que passa pelos dois polos, sem esses polos as pilhas não geram energia.	(C13) – os polos positivos e negativos se atraem, dando condução as energias elétricas ao ligar algum aparelho eletrônico.	(C13) – polo negativo é o ânodo. Polo positivo é o cátodo. O ânodo ocorre à reação de oxidação e o cátodo ocorre a reação de redução. (B14) – o polo positivo é o cátodo, onde acontece a redução,	(C14) – polo positivo: catodo – pois tem menos elétrons, ocorre redução. Polo negativo: anodo – pois tem mais elétrons, ocorre oxidação. (C1) – ânodo: polo	(B12) – o ânodo porque ganha elétrons e é a redução, cátodo porque perde elétrons e é a oxidação.

			(B14) – assim como em outros meios de fornecimento de energia a reação só ocorre se houver elétrons positivos e negativos e na pilha não é diferente. (C14) – o polo negativo menos energia e o positivo mais energia, ou seja, elétrons.	migrando os íons ânions para o polo negativo ânodo, onde acontece a oxidação. (C11) – cátodo: polo positivo ocorre redução. Ânodo: polo negativo ocorre a oxidação.	negativo, devido à falta de elétrons. Cátodo: polo positivo, devido o ganho de elétrons.	(C4) – oxidação – ânions/ redução – cátions.
<b>Q8 (pré)/Q7 (pós)</b> Descrever sobre a denominação de pilha “alcalina”, podendo relacioná-la a sua composição, especificamente ao eletrólito.	(C14) – pois tem sua composição alcalina. (C10) – porque na sua composição existem metais alcalinos.		(C11) – porque duram mais tempo. (C13) – porque eu acho que essas pilhas são mais duráveis que outras.	(C13) – na pilha alcalina tem hidróxido de potássio que é o melhor condutor de corrente elétrica. (C11) – o eletrólito da pilha seca é uma pasta e o eletrólito da pilha alcalina é uma base.	(C2) – a pilha alcalina tem um reagente de hidróxido e não tem vazamento, a pilha comum tem um vazamento e tem uma pasta eletrolítica. (B6) – a pilha alcalina tem como eletrólito substâncias que ajudam na potência e na duração.	(C14) – a pilha comum tem o eletrólito em forma de pasta e a alcalina de amônia. (C10) – pela sua composição.
<b>Q9 (pré)/Q8 (pós)</b> Descrever sobre a denominação de pilha “seca”, podendo relacioná-la a sua composição, especificamente ao eletrólito.		(B6) – porque não usam substâncias líquidas na composição. (B14) – porque não utilizam líquido químico como as alcalinas.	(C10) – porque elas não têm metais alcalinos na sua composição. (C4) – porque contém poucas substâncias.	(C10) – seu eletrólito é uma pasta de amônia. (B14) – a pilha seca utiliza cloreto de amônia, devido a isso a denominaram como pilha seca.	(C4) – cloreto de amônia, pilhas secas também como pilhas comuns.	(B6) – uma pilha com menor duração, pois tem substâncias mais fraca na composição.
<b>Q10 (pré)/Q9 (pós)</b> Comparar e justificar a durabilidade entre a pilha			(B17) – as alcalina duram mais, porque tem mais elementos	(B17) – as alcalinas apresentam uma duração maior, porque em repouso não acontece suas	(C11) – alcalinas tem maior durabilidade, devido seus eletrólitos ser	(B19) – alcalinas apresentam duração maior,

alcalina e a pilha seca.			que fazem acontecer a corrente elétrica. (C14) – as alcalinas, porque elas possuem agentes químicos que as deixam mais duráveis.	reações químicas. (C14) – as alcalinas têm durabilidade maior, pois sua fabricação é diferente e a reação só ocorre quando ela está sendo usada.	uma base e além disso ela contém mais substâncias que as secas. (B6) – as alcalinas duram mais, pois tem um eletrólito com maior capacidade.	porque tem solução de amônia. (C16) – alcalinas, porque elas são mais úteis por possuir reações quando não estão sendo utilizadas.
<b>Q11 (pré)/ Q10 (pós)</b> Expor razões que expliquem porque algumas pilhas apresentam vazamento de suas substâncias.			(B17) – porque algumas pilhas podem ter mais que o necessário de elementos químicos. (C10) – porque elas acabam corroendo a pilha.	(B17) – recomenda-se tirar a pilha seca do aparelho eletrônico, porque quando parada, a reação química continua acontecendo, durando menos e até mesmo estourando, por conta de sua composição que tem compostos de amônia. (C10) – a pilha seca pode estourar, pois a amônia liberada na forma de gás aumenta a pressão.	(C4) – porque elas vazam gases e podem estourar danificando o aparelho, nesse caso as pilhas secas acontecem isso. (B19) – porque mesmo as pilhas secas estando nos aparelhos e não funcionando as reações estão acontecendo normal, e ela pode estourar.	(B3) – pois a pilha alcalina mesmo não em uso suas substâncias estão sendo usadas, e a seca mesmo não usando suas substâncias ficam ali armazenada, não se está sendo gastas.

Fonte: A autora (2018).

No Quadro 10 podemos observar exemplos de respostas dos alunos B6, B14, B18, C11 e C14 sobre a questão Q2a dos testes (pré e pós), que requisitava dos alunos a descrição de quais são as transformações de energia que ocorrem no interior de uma pilha, quando em funcionamento. Nas respostas do pré-teste, os alunos não conseguem explicar de forma minuciosa quais fenômenos transcorrem na pilha, o aluno B6 acredita que a pilha retira “energia das substâncias e as transformam”, mas ele não indica que a energia presente nas substâncias poderia ser a energia química que se transforma em energia elétrica, já o aluno B14 aborda que “a substância do polo negativo em contato com a do polo positivo causa uma reação”, porém ele não detalha qual seria esse tipo de reação. As respostas dos alunos B18, C11 e C14 mostram-se desconexas com o assunto abordado.

Em relação ao pós-teste, percebemos que a maior parte desses alunos explica que a pilha funciona por meio das reações de oxirredução, o que não se configura como uma resposta incoerente, porém eles não destacam quais são, de fato, essas transformações de energia que acontecem na pilha. O aluno C16, que não participou do pré-teste, mas realizou o pós-teste, demonstrou, em sua resposta, sucintamente e de forma adequada os tipos de transformações de energia em uma pilha:

- **C16:** “a pilha é um dispositivo que aproveita a transferência de elétrons, e a energia química transforma em energia elétrica.” (pós-teste/ resposta adequada).

Concordando com os dados obtidos no trabalho realizado por Caramel e Pacca (2011), os alunos geralmente justificam a geração de corrente elétrica em uma pilha por uma única causa, considerando que se trata da transformação das espécies químicas (oxidação e redução), sem apresentarem uma devida importância aos aspectos dinâmicos de movimentação das cargas, tanto nos fios, quanto nos eletrólitos.

Contudo, em nossa pesquisa, observamos, nas respostas dos alunos B14, C11 e C14, no pós-teste, alguns elementos fundamentais que explicam o funcionamento de uma pilha, pois o aluno B14 aponta que a pilha gera eletricidade por meio de uma diferença de potencial causada pela reação, sendo essa uma concepção correta. De acordo com Couto (2012), a corrente elétrica é produzida pela diferença de potencial gerada pelo acúmulo de elétrons no cátodo e a perda de elétrons no ânodo, a partir das reações de oxirredução.

Já o aluno C11 indica que a pilha possui eletrólitos e eletrodos, em que acontecem as reações de oxirredução e ainda destaca que os íons e os elétrons ficam livres, ou seja, possivelmente esse aluno está relacionando que se as espécies químicas estão livres, isso resultaria na condução de corrente elétrica na pilha. Esse fator é de bastante relevância e, conforme mencionado anteriormente por Caramel e Pacca (2011), existem vários aspectos relevantes em uma pilha que precisam ser considerados para que ocorra a geração de corrente elétrica.

Por fim, o aluno C14 relata de forma simples e sem muitos detalhes que a transferência de elétrons em uma pilha decorre em um circuito fechado. Entretanto, em seu mapa conceitual (Figura 11), conseguimos verificar que os elementos da pilha que ele aponta como integrantes do circuito elétrico fechado são os fios metálicos e a ponte salina.

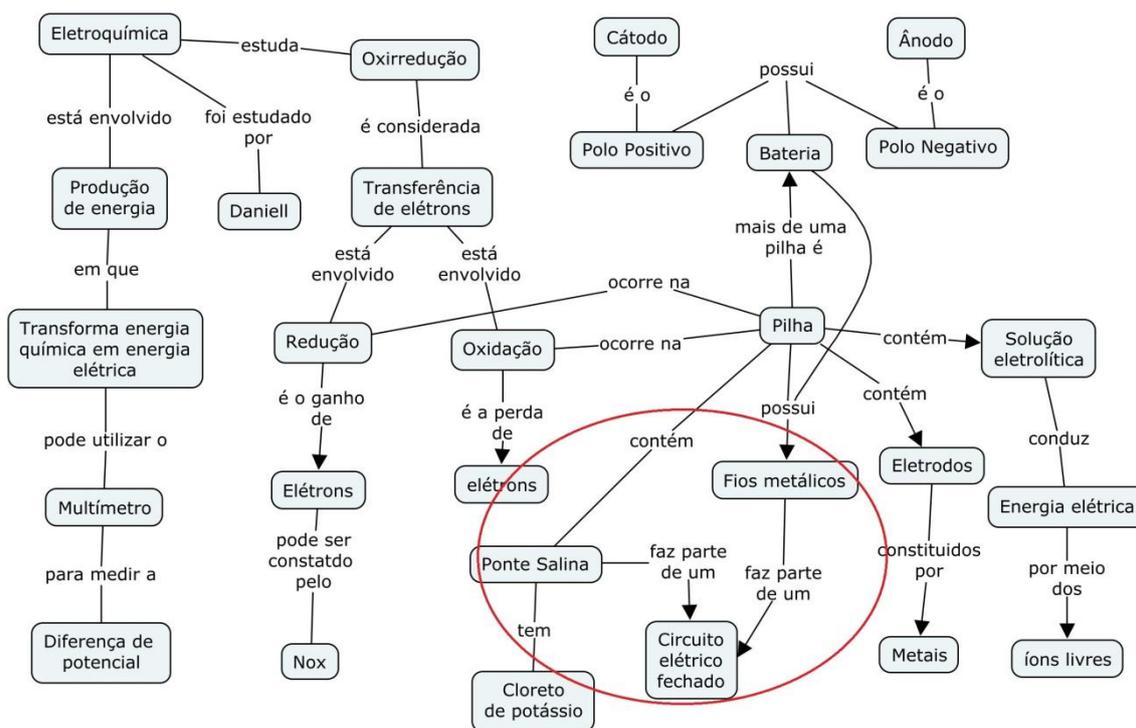


Figura 11. Mapa Conceitual construído pelo aluno C14.

Retomando os resultados da pesquisa de Caramel e Pacca (2011), destacamos que os alunos consideram que, em uma pilha, a corrente elétrica ocorre sem um circuito fechado, pois, para eles, a movimentação das cargas está limitada ao eletrólito e ao circuito externo, que são os fios metálicos, parece não ter função. Em outro trabalho, Pacca *et al.* (2003) apontam que os alunos relatam que partículas e átomos estão na pilha, e que o fio condutor transporta algo como carga elétrica, mas o processo parece

não ser compreendido. Por conseguinte, em nossa pesquisa, percebemos que ao explorarmos todos os elementos presentes na pilha, como foi realizado na atividade experimental “Pilha de Daniell” e na simulação computacional “*Voltaic Cell*”, isso pode, de alguma forma, auxiliar os alunos na assimilação do novo conhecimento e entender que a pilha não depende somente das reações de oxirredução, mas também de outros fatores.

A partir dos critérios de respostas organizados nas três categorias, inadequadas, plausíveis e adequadas, compilamos, nas Tabelas 3 (três) e 4 (quatro), o quantitativo concernente a esses dados.

Tabela 3: Análise das respostas do pré-teste que foram organizadas em três categorias.

Questões	2° B			2° C		
	Inadequadas	Plausíveis	Adequadas	Inadequadas	Plausíveis	Adequadas
Q1*	3		7	3		9
Q2 – a	9	1	-	10	2	-
Q2 – b	8	2	-	9	3	-
Q2 – c	8	2	-	7	5	-
Q3	6	4	-	10	2	-
Q4	8	1	1	10	1	1
Q5	10	-	-	11	1	-
Q6	4	6	-	3	9	-
Q7	10	-	-	11	1	-
Q8	10	-	-	10	-	2
Q9	8	2	-	12	-	-
Q10	10	-	-	12	-	-
Q11	10	-	-	12	-	-

Fonte: A autora (2018).

\* Não existe respostas consideradas plausíveis na questão 1, uma vez que trata-se de uma questão fechada, impossibilitando análise dessa categoria de resposta.

Na análise dos dados das 12 questões subjetivas, observamos no pré-teste que a maior parte das respostas foi considerada como inadequada, apresentando um percentual de 82,73%. Em relação às respostas indicadas como plausíveis, no pré-teste, apresentaram uma porcentagem de 15,83%, já para as respostas consideradas adequadas, totalizaram 1,44%.

Tabela 4: Análise das respostas do pós-teste que foram organizadas em três categorias.

Questões	2º B			2º C		
	Inadequadas	Plausíveis	Adequadas	Inadequadas	Plausíveis	Adequadas
Q1*	1		9	-		12
Q2 – a	7	-	3	7	3	2
Q2 – b	5	1	4	3	6	3
Q2 – c	8	1	1	7	2	3
Q3	3	7	-	6	5	1
Q4	5	3	2	7	2	3
Q5	8	-	2	6	4	2
Q6	2	3	5	2	7	3
Q2 – d	3	2	5	4	2	6
Q7	7	2	1	8	1	3
Q8	7	1	2	5	2	5
Q9	4	2	4	3	4	5
Q10	4	4	2	4	6	2

Fonte: A autora (2018).

\* Não existem respostas consideradas plausíveis na questão 1, uma vez que trata-se de uma questão fechada, impossibilitando análise dessa categoria de resposta.

Na análise do pós-teste, as respostas consideradas inadequadas perfizeram 47,78%, enquanto que as respostas plausíveis apresentaram 26,13% e as respostas adequadas obtiveram uma porcentagem de 26,09%.

Esses dados analisados estão organizados no Gráfico 3 (três) da Figura 12. Cabe novamente destacar que, em algumas respostas do pré-teste que foram consideradas como inadequadas, no pós-teste elas foram plausíveis, bem como respostas plausíveis no pré-teste foram consideradas como adequadas no pós-teste.

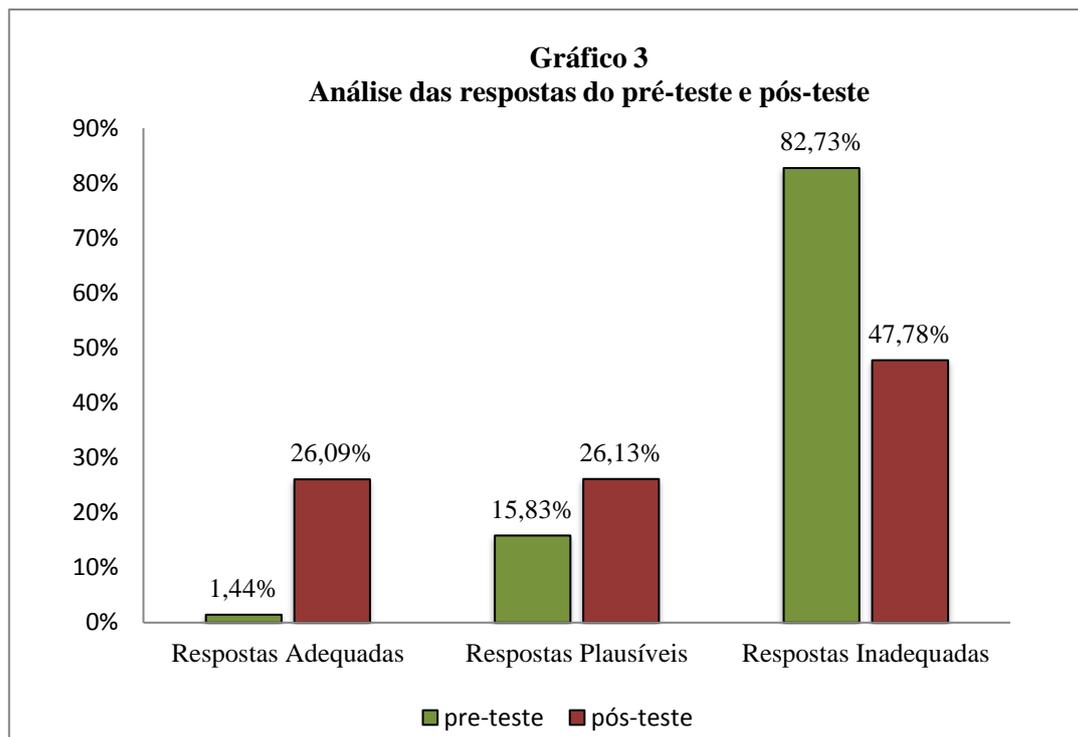


Figura 12. Análise das respostas levantadas no pré-teste e pós-teste.  
Fonte: A autora (2018).

Ao compararmos as questões referentes aos testes que condizem à categoria de inadequadas, podemos apontar que as questões que mais obtiveram avanço foram as de número Q7 do pré-teste com a Q2d do pós-teste, Q10 do pré-teste com a Q9 do pós-teste e a Q11 do pré-teste com a Q10 do pós-teste. Do mesmo modo, identificamos que, nas questões consideradas adequadas, as que mais tiveram um avanço satisfatório foram também a Q7 do pré-teste com a Q2d do pós-teste e a Q10 do pré-teste com a Q9 do pós-teste.

As questões Q7/Q2d elucidam sobre a denominação dos polos da pilha (cátodo/ânodo), bem como quais são os processos eletroquímicos (ex: oxidação/redução, movimento dos íons no interior da pilha) que ocorrem nesses polos e que influenciam no funcionamento da pilha. Tal questão foi trabalhada com ênfase no experimento demonstrativo da pilha de Daniell e com as TDICs aplicando as simulações. Em relação às questões Q10/Q9, que abordam sobre as pilhas que mais utilizamos nos aparelhos em nosso dia a dia, no que se refere à pilha alcalina e à pilha seca, tratando principalmente de suas durabilidades. Essa questão foi contemplada na etapa da nova situação de aprendizagem, de modo que os alunos deveriam utilizar os conhecimentos assimilados durante as aulas da intervenção e aplicá-los em um contexto diferente, ou seja, os alunos estudaram especificamente a pilha de Daniell e, a partir dos

conceitos trabalhados, eles deveriam investigar os processos eletroquímicos na pilha seca e na pilha alcalina.

As questões com menor aproveitamento foram a Q2c e Q3, que tratam, respectivamente, do processo para ligar a lâmpada ao ser conectada em uma pilha e da diferença de pilhas e baterias. Já na única questão objetiva (Q1), observamos um bom desenvolvimento do pré-teste para o pós-teste, o qual buscou esclarecer o objeto de estudo da eletroquímica, que implica a relação entre a corrente elétrica e as reações químicas de transferência de elétrons. Em síntese, os resultados apresentados, no pré-teste e no pós-teste, evidenciaram que as atividades propostas na UEPS com o uso das TDICs e atividades experimentais permitiram um avanço na assimilação de conceitos eletroquímicos.

O próximo passo da UEPS proposta na pesquisa foi destinado à construção de mapas conceituais, que teve como principal intuito a observação da organização conceitual e as concepções dos estudantes acerca do assunto estudado.

#### 4.3 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais (MCs) foram trabalhados com os alunos em dois momentos da UEPS, sendo que, no primeiro momento, os alunos desenvolveram um mapa-teste envolvendo assuntos referentes ao seu cotidiano e, num segundo momento, após a intervenção de ensino, eles, construíram individualmente e sem consulta a qualquer material, um MC do conteúdo estudado de eletroquímica, mais especificamente sobre as pilhas e baterias.

Ressaltamos que, no decorrer da UEPS, foram utilizados mapas de referência, como exemplificado na Figura 13, sobre o conteúdo de pilhas e baterias, visando familiarizar os estudantes com o uso desse instrumento e também para servir como balizador na avaliação dos mapas conceituais construídos por eles ao final do processo.



Quadro 11. Proposições válidas do mapa referência sobre pilhas e baterias.

<p><b>1.</b> Pilhas – são estudadas na – Eletroquímica</p> <p><b>2.</b> Pilhas – transformam – Energia Química – em – Energia Elétrica</p> <p><b>3.</b> Pilhas – se conectam em – paralelo e série – são consideradas uma – Bateria – produz – Trabalho – na forma de – Energia Elétrica</p> <p><b>4.</b> Pilhas – transformam – Energia Química – das – Reações de Oxirredução</p> <p><b>5.</b> Reações de oxirredução – ocorrem pela – Transferências de elétrons – entre – Espécies Químicas</p> <p><b>6.</b> Espécies Químicas – atuam como – Agente Redutor e Agente Oxidante</p> <p><b>7.</b> Agente Redutor – sofre – Oxidação</p> <p><b>8.</b> Agente Redutor – provoca a – Redução</p> <p><b>9.</b> Agente Oxidante – sofre – Redução</p> <p><b>10.</b> Agente Oxidante – provoca a – Oxidação</p> <p><b>11.</b> Espécies Químicas – determinadas pelo seu – Número de Oxidação</p> <p><b>12.</b> Pilhas – fornecem – Trabalho – na forma de – Energia Elétrica</p> <p><b>13.</b> Pilhas – fornecem – Trabalho – através da – Diferença de Potencial – entre o – Polo negativo e Polo positivo</p> <p><b>14.</b> Pilhas – são constituídas por – Ponte Salina, Soluções eletrolíticas e Eletrodos</p>	<p><b>15.</b> Ponte Salina – permite que os – Íons – migrem entre as – Soluções eletrolíticas</p> <p><b>16.</b> Soluções eletrolíticas – conduzem – Energia Elétrica</p> <p><b>17.</b> Eletrodos – composto por – Metais – conduzem – Energia Elétrica</p> <p><b>18.</b> Eletrodos – denominados – Cátodo e Ânodo</p> <p><b>19.</b> Cátodo – ocorre – Redução</p> <p><b>20.</b> Cátodo – consiste no – Polo positivo</p> <p><b>21.</b> Ânodo – ocorre – Oxidação</p> <p><b>22.</b> Ânodo – consiste no – Polo negativo</p> <p><b>23.</b> Reações de oxirredução – acontece simultaneamente – Oxidação e Redução</p> <p><b>24.</b> Redução – ganho de – Elétrons – das – Espécies Químicas</p> <p><b>25.</b> Oxidação – perda de – Elétrons – das – Espécies Químicas</p> <p><b>26.</b> Pilhas – tipos – Pilha Alcalina, Pilha Seca, Pilha de Daniell e Pilha Voltaica</p> <p><b>27.</b> Pilha Seca – criada por – Georges Leclanché</p> <p><b>28.</b> Pilha Seca – foi aprimorada em – Pilha Alcalina</p> <p><b>29.</b> Pilha de Daniell – criada por – Frederic Daniell</p> <p><b>30.</b> Pilha Voltaica – criada por – Alessandro Volta</p>
--	---

Fonte: A autora (2018).

Assim, do total de 26 mapas construídos individualmente pelos alunos, somente 38,46% foram considerados satisfatórios e 61,54% obtiveram rendimento insatisfatório. Em relação às categorias, observamos, no Gráfico 4 (quatro) da Figura 14, que os alunos apresentaram um melhor desempenho nas ligações entre conceitos (92,31%), nas

palavras de ligação (77%), na clareza do mapa (75%) e nos conceitos básicos (53,85%).

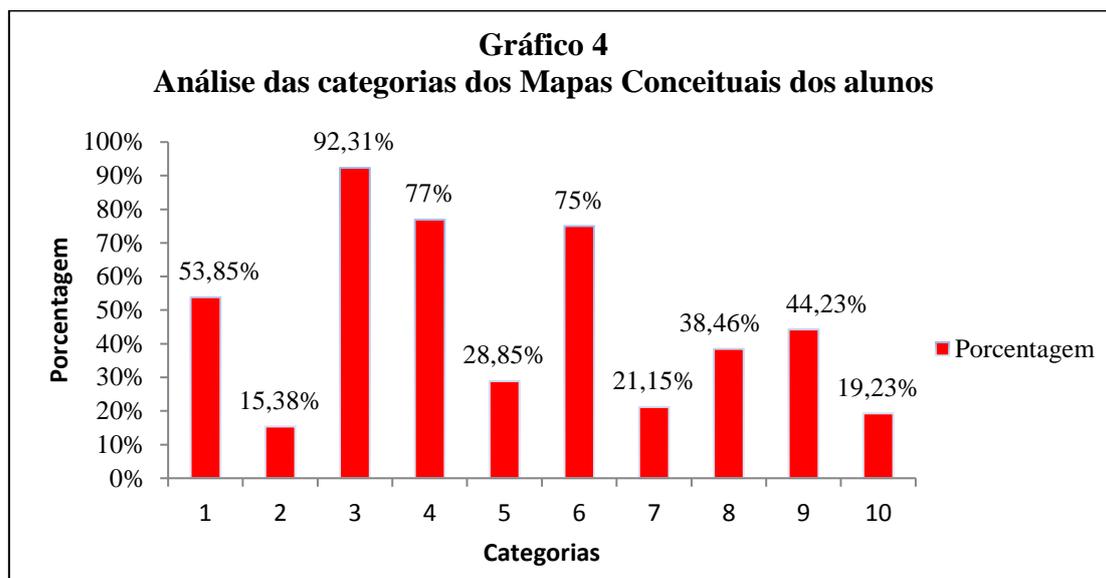


Figura 14. Análise das categorias, em porcentagem, dos mapas conceituais avaliados.  
Fonte: A autora (2018).

Contudo, notamos que os alunos tiveram maior dificuldade com as categorias que envolvem conceitos novos (15,38%), reconciliação integrativa (19,23%), e proposições válidas e significativas (21,15%).

A partir dos dados levantados, realizamos uma análise numa perspectiva qualitativa dos MCs, a fim de evidenciar as relações conceituais abordadas por cada aluno, por meio de sua compreensão do conhecimento estudado. Neste sentido, apresentamos a seguir alguns MCs que elucidam aspectos satisfatórios e insatisfatórios das dez categorias supracitadas.

O MC construído pelo aluno C4, mostrado na Figura 15, obteve a pontuação 8,0. Observamos que o MC aborda uma boa parte dos principais conceitos que dizem respeito ao estudo das pilhas. Ele explicita as transformações de energia que acontecem durante o funcionamento de uma pilha, porém não relaciona que a energia química presente nas pilhas provém das reações de oxidação e redução, sendo que elas ocorrem simultaneamente e, por isso, são denominadas como reações de oxirredução.

Um detalhe importante demonstrado nesse MC que não esteve presentes nos demais mapas analisados foram as relações estabelecidas com o conceito de agente oxidante e agente redutor, o que supostamente evidencia certa compreensão do novo conhecimento pelo aluno. Notamos que o aluno exemplifica os eletrodos da pilha como o zinco e o cobre que estão imersos em uma solução eletrolítica, o que possivelmente

indica que o aluno recordou a análise realizada na atividade experimental da construção da pilha de Daniell e do uso da simulação ‘*Voltaic Cell*’ sobre a montagem e o funcionamento desse tipo de pilha que geralmente utiliza esses metais.

### Aluno C4 – Mapa Satisfatório

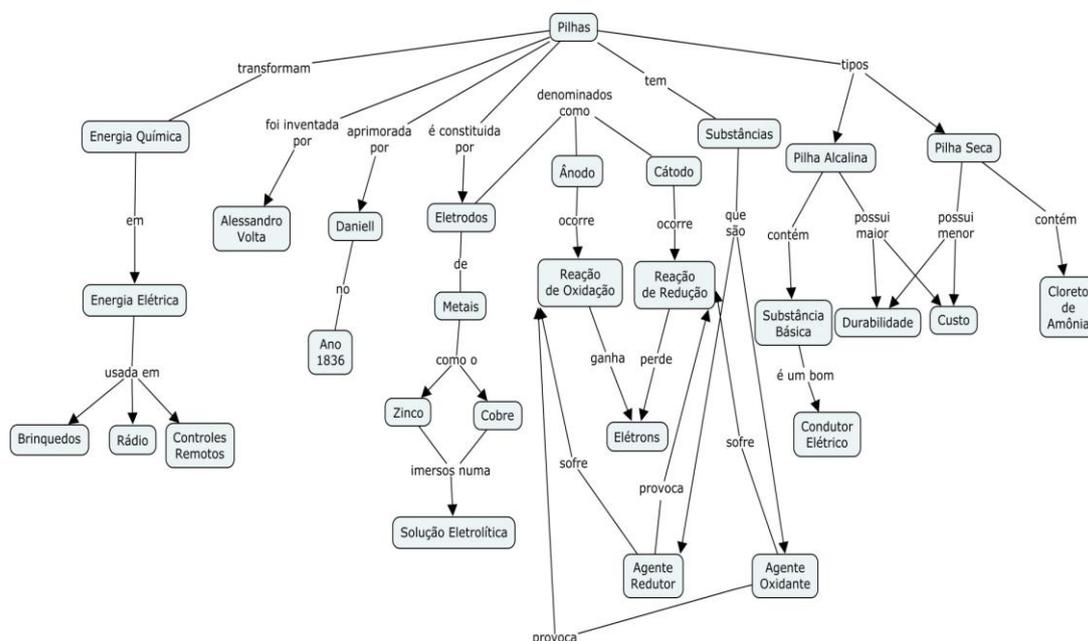


Figura 15. Mapa conceitual construído pelo aluno C4.

No MC, também observamos que o aluno identifica o conceito de pilhas como o mais geral, mas não corrobora com os conceitos subordinados à pilha, como as transformações de energia e as reações de oxidação e redução que deveriam estar em partes mais superiores do mapa, para englobar os conceitos específicos e pouco inclusivos, como os que se referem à constituição da pilha e seus tipos.

Como verificado nos dados compilados no Gráfico 4 (quatro) na Figura 14, os alunos demonstram obstáculos em relação à categoria 8 (oito) (38,46%), que remete à hierarquização dos MCs. Nesse viés, Vinholi Júnior e Gobara (2017), que utilizaram os MCs como estratégia de ensino, aprendizagem e avaliação no ensino do conteúdo de biologia celular, perceberam dificuldades na hierarquização dos conceitos pelos alunos. Os autores apontam que essa situação pode ter influência no próprio histórico de estudo dos estudantes, haja vista que a maioria deles é egressa de um ensino no qual o modo de hierarquizar não foi o que habitualmente é abordado pela TAS, em razão de que o ensino tradicional da maioria das escolas ainda está alicerçado numa aprendizagem mecânica, de modo a não enaltecer os princípios de hierarquização.

O aluno C11 obteve a pontuação 5,5 no seu MC (Figura 16). Ele apresenta, na parte superior do MC, as pilhas, diferenciando o conceito em sua composição, elementos, nas transformações de energia e no processo de oxirredução. Contudo, o aluno não associa o conceito de eletrodos com o cátodo e o ânodo da pilha, como também não indica o processo de oxidação e redução que acontece em cada polo da pilha. Embora, observamos, no pós-teste, que o aluno C11 indica, na questão (Q2-d), os processos eletroquímicos que acontecem no cátodo e no ânodo da pilha: “cátodo: polo positivo ocorre redução. Ânodo: polo negativo ocorre à oxidação.” (C11), percebemos também que o aluno compreende que o conjunto de pilhas forma uma bateria, mas, ao transpor essa ideia em seu MC, ele demonstra dificuldades para organizar e diferenciar os conceitos. Porém, cabe enfatizar que o aluno aborda o termo ‘fio metálico’ e faz uma correspondência com o conceito de ‘metais’ e, conseqüentemente, com condução de elétrons. Eventualmente, isso demonstra que o estudante busca caracterizar, mesmo que, de forma simplificada, o circuito externo da pilha e a espécie química (elétron) responsável pela circulação de corrente elétrica. Além disso, o estudante expõe que a solução eletrolítica é transportada pela ponte salina, isto é, o circuito interno. Na questão (Q2-b) do pós-teste, que versa sobre como ocorre e quais as formas de condução elétrica em uma pilha, o aluno C11 aponta, de forma sucinta, porém correta, parte desse processo:

- “metal pelos elétrons e a solução salina pelos íons.” (C11).

Portanto, tais relações apontam certa compreensão do estudante sobre a função do circuito externo e interno da pilha, sendo esses elementos importantes para o devido funcionamento desse dispositivo.

### Aluno C11 – Mapa Satisfatório

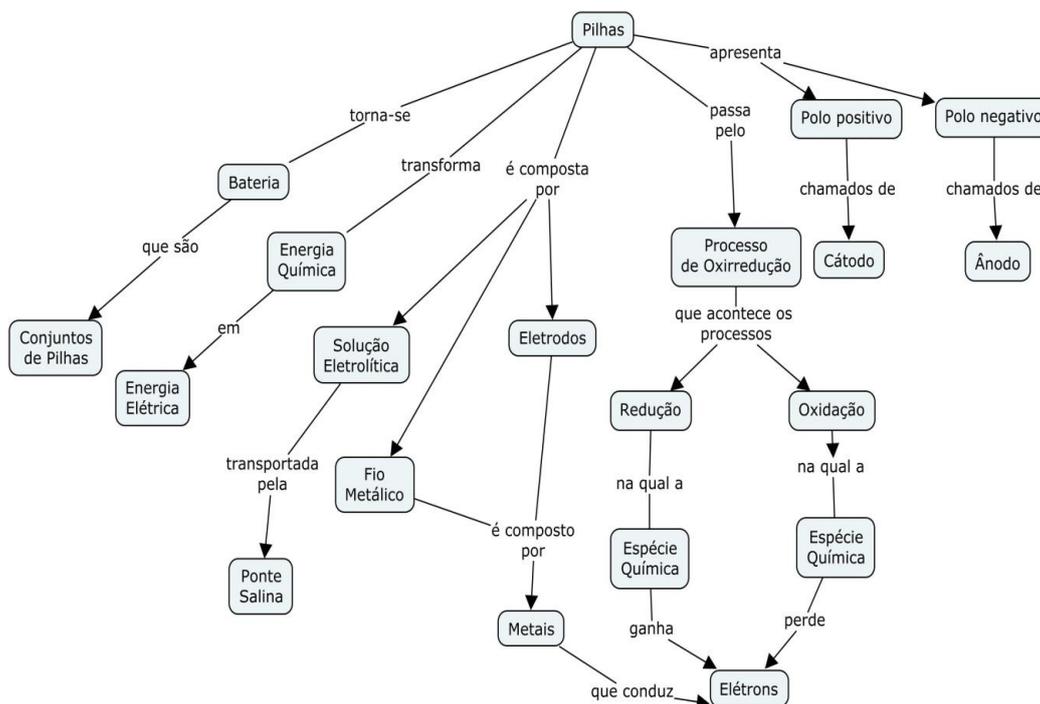


Figura 16. Mapa conceitual construído pelo aluno C11.

Na figura 17, o MC do aluno B12 obteve a pontuação 7,0. Ele apresenta parte dos conceitos principais envolvendo o estudo da pilha, porém constatamos em seu MC um conceito novo (reação espontânea), que não está presente no mapa de referência e que pode ser considerado relevante para a compreensão dos processos eletroquímicos de uma pilha. De acordo com Trindade e Hartwig (2012), quando o aluno demonstra no MC conceitos novos, isso revela que o material instrucional forneceu os subsídios aos aprendizes para o entendimento do conteúdo.

Embora esse aluno tenha explanado um conceito novo no seu MC, os resultados apontam que somente 15,38% dos alunos corresponderam a essa categoria de análise dos mapas. Esse dado encontra respaldo na TAS, que expõe as condições básicas para a ocorrência da aprendizagem significativa, de modo que o material deva ser potencialmente significativo e o aprendiz precisa manifestar uma predisposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo conhecimento a sua estrutura cognitiva. Neste sentido, o aprendiz quando está tentando apropriar-se do novo conhecimento, busca novos conceitos para produzir o seu mapa, isto é, apresenta predisposição para aprender, assim não se atendo somente aos conceitos listados previamente pelo professor/pesquisador (TRINDADE e HARTWIG, 2012).

## Aluno B12 – Mapa Satisfatório

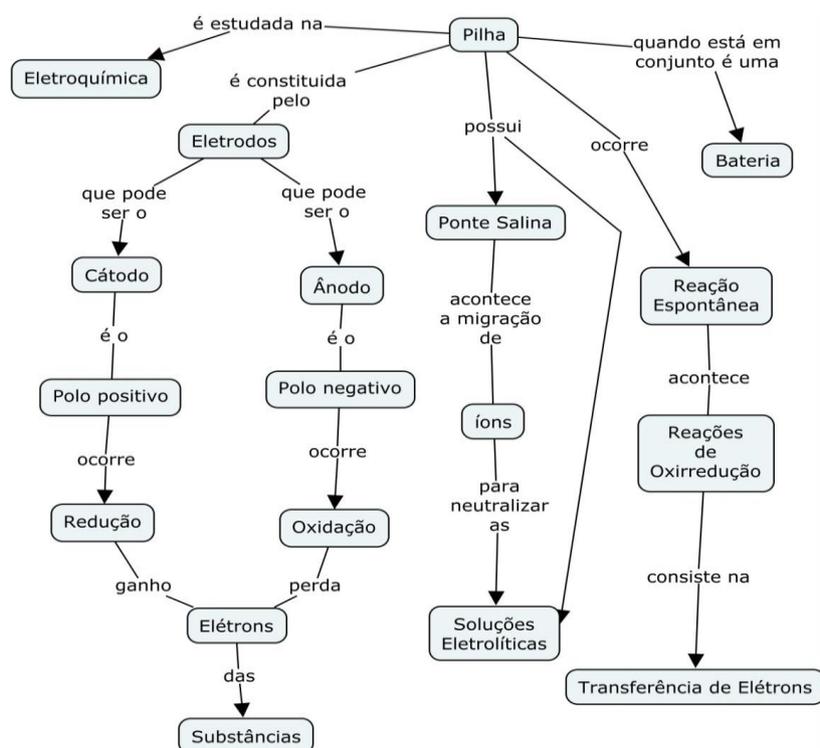


Figura 17. Mapa conceitual construído pelo aluno B12.

O MC do aluno B17 (Figura 18) obteve a pontuação 7,0. Assim, o MC exemplifica os tipos de pilhas, mencionando em particular as pilhas alcalinas e secas. O Gráfico 4 (quatro) (Figura 14) mostra que 32,69% dos MCs dos alunos apresentam exemplos que, em sua maioria, buscaram detalhar os tipos de pilhas estudadas, sendo essas: pilha voltaica, pilha de Daniell, pilha seca e pilha alcalina. Ressaltamos que os MCs foram elaborados pelos alunos antes da etapa da nova situação de aprendizagem, que tratou com mais ênfase a investigação eletroquímica da pilha seca e da alcalina.

## Aluno B17 – Mapa Satisfatório

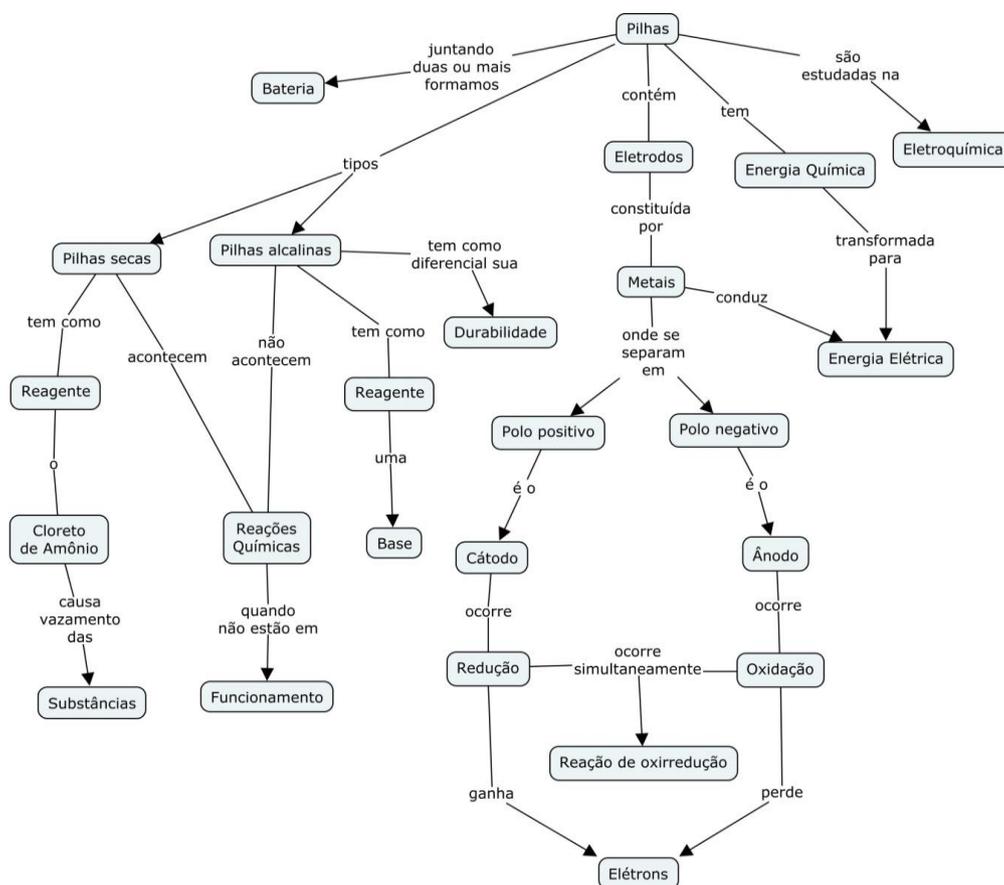


Figura 18. Mapa conceitual construído pelo aluno B17.

Percebemos no MC que o aluno B17 procura detalhar que, nas pilhas secas, quando não estão em funcionamento, ocorrem reações químicas, por outro lado, esse fenômeno não acontece com as pilhas alcalinas. No entanto, as pilhas secas apresentam o cloreto de amônio, que seria o reagente responsável por causar vazamento de substâncias nesse dispositivo. Na análise do pós-teste - questões Q9 e Q10, que buscou comparar e justificar a durabilidade entre a pilha alcalina e a pilha seca, bem como solicitar aos alunos que expusessem razões para explicar porque algumas pilhas apresentam vazamento de suas substâncias, observamos que o aluno B17 conseguiu descrever de forma adequada a esses questionamentos, assim corroborando com a organização conceitual de seu mapa:

- *B17*: “as alcalinas apresentam uma duração maior, porque em repouso não acontece suas reações químicas.” (Q9).

- *B17*: “recomenda-se tirar a pilha seca do aparelho eletrônico, porque quando parada, a reação química continua acontecendo, durando menos e até mesmo estourando, por conta de sua composição que tem compostos de amônia.” (Q10).

O aluno B14, em seu MC (Figura 19), obteve a pontuação 6,5. Ele diferencia as pilhas a partir de sua composição, das espécies químicas oxidantes e redutoras, e explana uma proposição muito pertinente ao estudo das pilhas que corresponde à diferença de potencial, correlacionando-a com os polos das pilhas e sua importância para a produção de corrente elétrica.

Na questão (Q2c) do pós-teste, que trata de quais fatores seriam necessários para ligar uma lâmpada que esteja conectada em uma pilha, verificamos que o aluno B14 considera que seria importante ocorrer a diferença de potencial:

- “a diferença de potencial entre os polos da pilha.” (B14).

No entanto, não existe uma boa organização conceitual no mapa, uma vez que o aluno apenas destaca o conceito principal que é a pilha, mas não dispõe de forma correta os conceitos intermediários a ele, que são os processos de oxirredução, para daí então tratar de sua composição. Podemos também verificar que o estudante não expressa exemplos, porém as palavras de ligação são coerentes e ele apresenta ligações cruzadas.

### Aluno B14 – Mapa Satisfatório

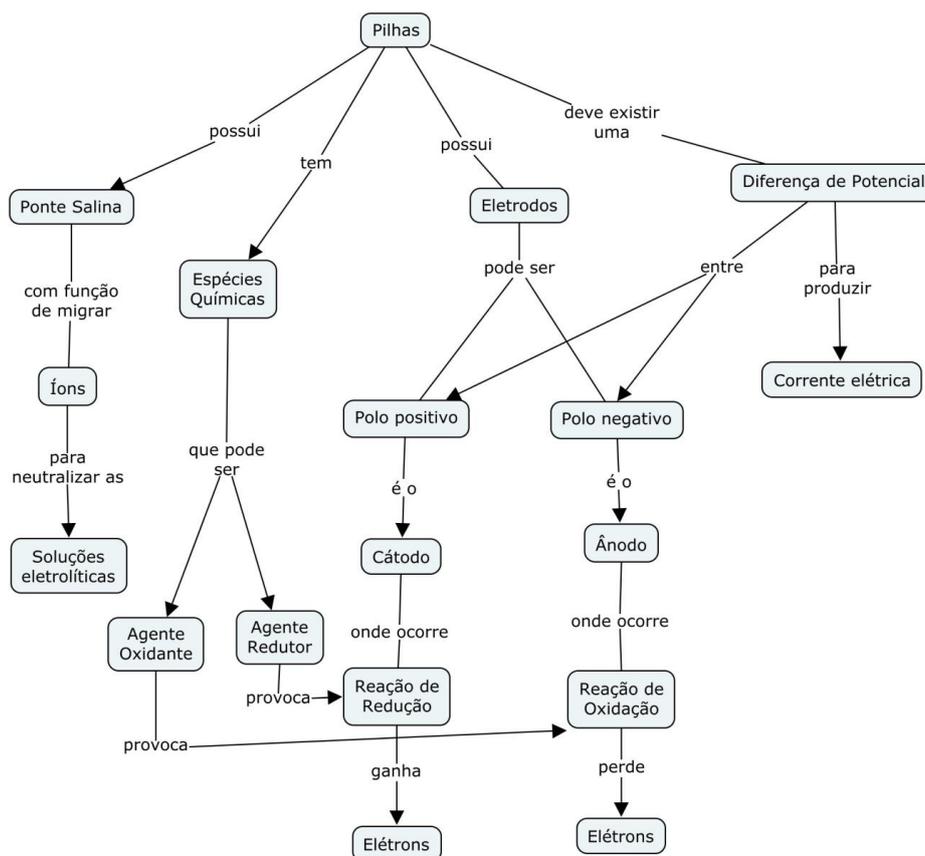


Figura 19. Mapa conceitual construído pelo aluno B14.

O aluno C13 obteve pontuação 6,0 em seu MC (Figura 20) e o aluno C15 obteve pontuação 6,5 em seu MC (Figura 21), ambos considerados mapas satisfatórios, entretanto demonstram algumas inconsistências, como, por exemplo, a ausência de uma hierarquização coerente dos conceitos nos mapas. O aluno C13 apresentou os principais conceitos básicos estudados, já o aluno C15 abordou apenas uma parte desses conceitos, porém, em seu MC, observamos um conceito novo - “fio metálico”, que, embora não estivesse presente no MR, não deixa de ser importante ser destacado, pois esse elemento explica o circuito externo da pilha. Notamos que alguns conceitos, em determinadas proposições no MC do aluno C13, repetem-se, tais como: “eletroquímica estuda reação de redução e reação de oxidação” e “pilhas transformam energia química causando reação de oxirredução que acontecem ao mesmo momento redução e oxidação”.

Ademais, o aluno C13 não realizou uma correspondência com os processos de oxirredução que acontecem no ânodo e no cátodo, somente indicou de forma superficial que o polo positivo é o cátodo e o ânodo é o polo negativo. Nesse mesmo viés, o aluno C15 conseguiu relacionar que, no cátodo, ocorre a redução e, no ânodo, acontece

oxidação. Além disso, quando o aluno C15 tratou dos conceitos de agente oxidante e agente redutor, ele estabeleceu relações coerentes apontando que o agente redutor provoca a redução e sofre a oxidação, e o agente oxidante provoca a oxidação e sofre a redução. Contudo, o aluno C13 apresentou de forma vaga esses conceitos, apenas destacando que o agente oxidante causa a reação de oxidação e o agente redutor causa a reação de redução.

### Aluno C13 – Mapa Satisfatório

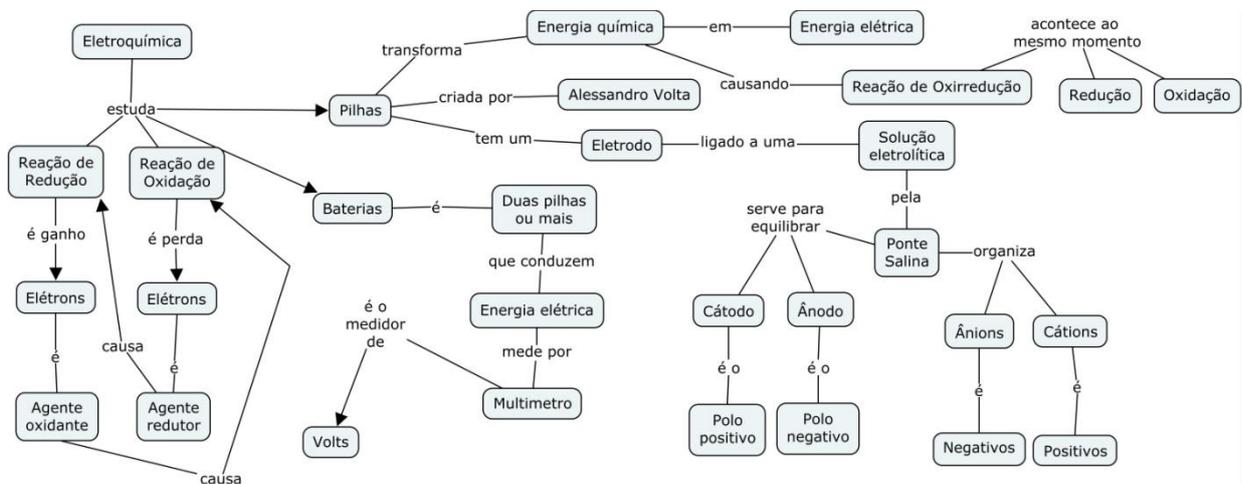


Figura 20. Mapa conceitual construído pelo aluno C13.

### Aluno C15 – Mapa Satisfatório

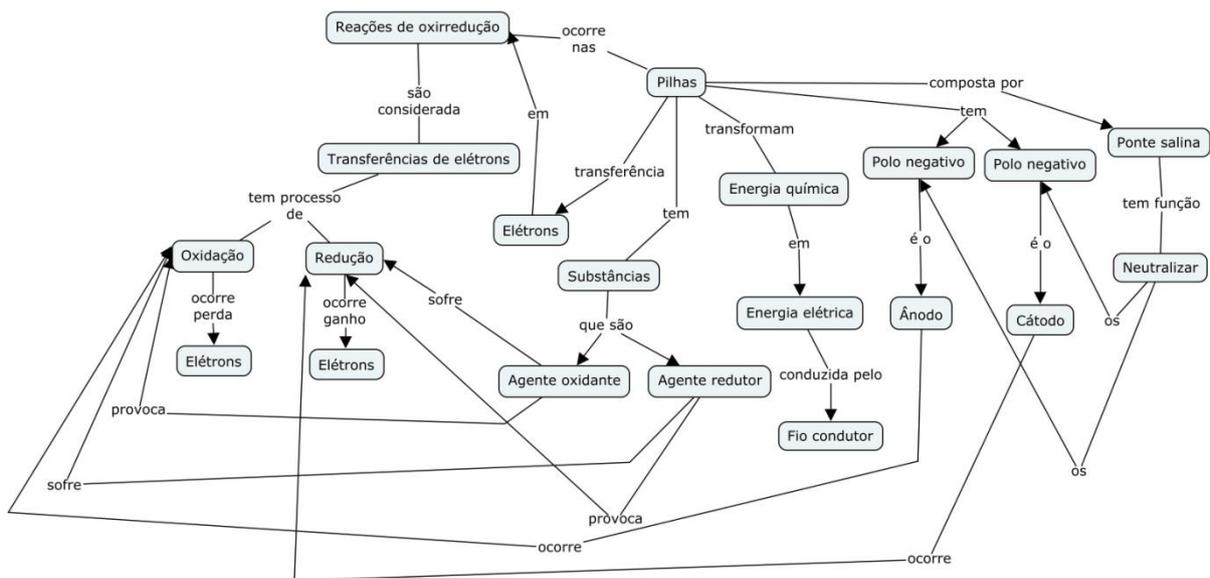


Figura 21. Mapa conceitual construído pelo aluno C15.

Os dois MCs abordaram o termo “ponte salina”, mas os alunos C13 e C15 apresentam certa dificuldade para abordar qual é o seu real papel na pilha. O aluno C13 indicou que a ponte salina organiza ânions e cátions e que ela serve para equilibrar o cátodo e o ânodo, isto é, o aluno provavelmente aponta que a ponte salina transporta os íons entre as células da pilha. Já o aluno C15 demonstra que a ponte salina tem função de neutralizar o polo positivo e o polo negativo, supostamente esse aluno pretendeu enfatizar que, com a ponte salina, é possível resolver a questão da neutralidade elétrica da solução, em ambas as células da pilha.

O aluno C15, ao responder a questão (Q2d) do pós-teste, que indagava sobre os processos eletroquímicos que ocorrem nos polos da pilha, buscou explicar como acontece a migração dos íons no interior da pilha em funcionamento:

- “polo positivo [cátodo] nele ocorre à redução, os cátions vão em direção a esse polo. Polo negativo [ânodo] ocorre à oxidação, e os ânions vão em direção a esse polo.” (C15).

Entretanto, na resposta do aluno C15, não é identificado que a ponte salina seria responsável por essa migração dos íons na pilha, bem como ele também não justificou o porquê desse sentido de movimento dos íons para cada polo da pilha.

O aluno C10 obteve a pontuação 4,5 em seu MC (Figura 22) e o aluno B18 obteve a pontuação 4,0 em seu MC (Figura 23), sendo esses considerados insatisfatórios. Observamos que tanto o aluno C10 quanto o aluno B18 não apresentaram a maior parte dos conceitos básicos e nem mesmo conceitos novos. A organização dos conceitos nos dois mapas não está disposta hierarquicamente. O aluno C10 demonstrou como conceito geral “eletroquímica”, porém a proposição “eletroquímica tem potencial de volts causados pelas reações de oxirredução” está sem sentido e desconexa do assunto estudado. O aluno B18 mostrou proposições coerentes, mas não identificamos relações entre os conceitos, isso possivelmente sugere um conhecimento superficial desse aluno sobre o conteúdo.

### Aluno C10 – Mapa Insatisfatório

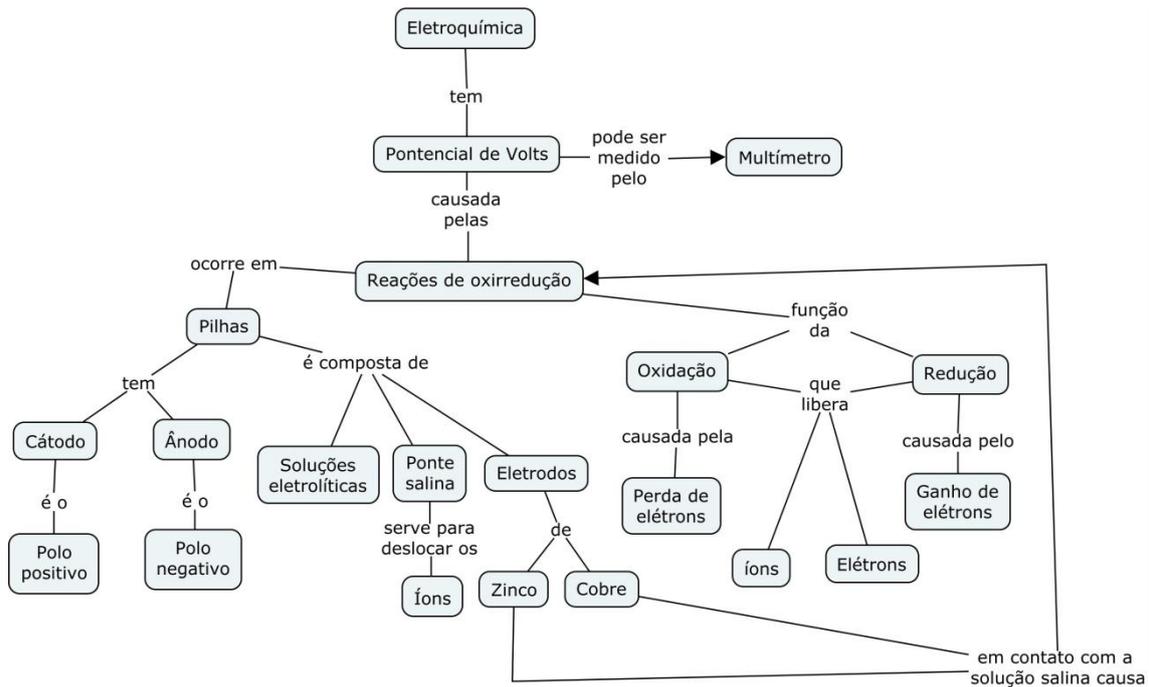


Figura 22. Mapa conceitual construído pelo aluno C10.

### Aluno B18 – Mapa Insatisfatório

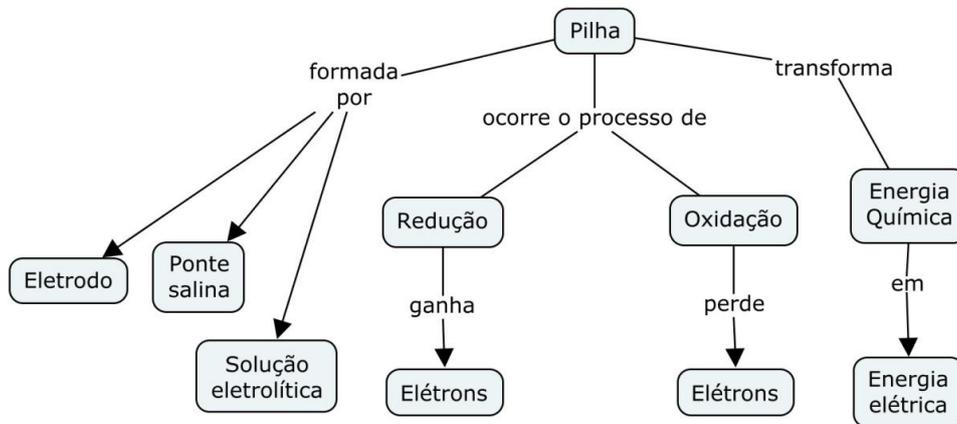


Figura 23. Mapa conceitual construído pelo aluno B18.

O aluno B13 obteve pontuação 4,5 em seu MC (Figura 24), sendo, assim, enquadrado como um mapa insatisfatório. Ele indicou alguns dos conceitos estudados, mas parece ter dificuldades para relacioná-los e organizá-los de forma hierárquica. No MC, percebemos que são enfatizadas as transformações de energia, porém o aluno não associa a energia química com as reações de oxidação e redução que também não são apontadas como um processo que ocorre simultaneamente na pilha. O aluno destaca os elementos constituintes da pilha, todavia não indica a função de cada um deles.

### Aluno B13 – Mapa Insatisfatório

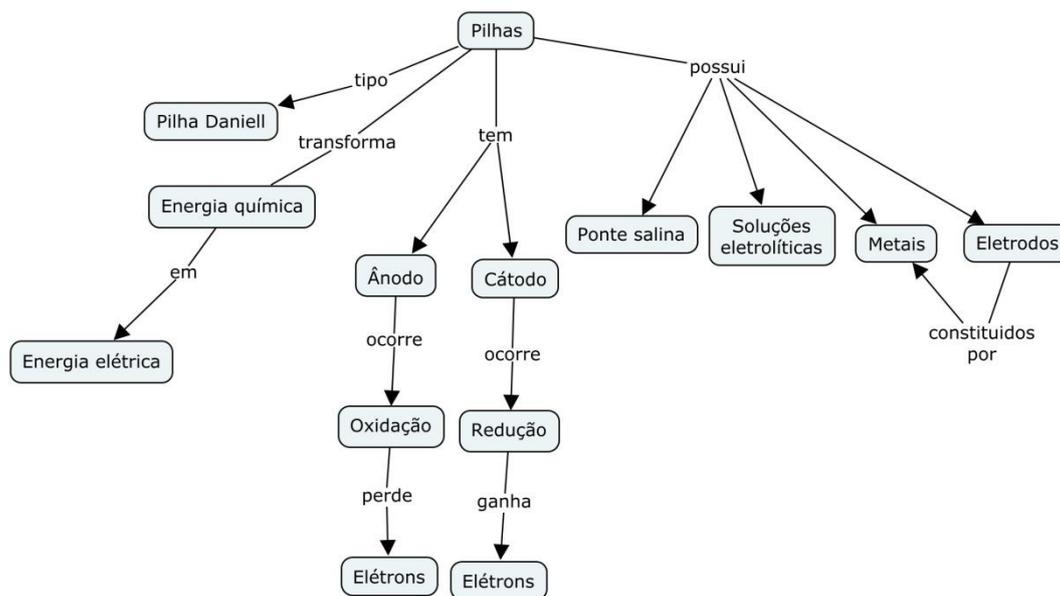


Figura 24. Mapa conceitual construído pelo aluno B13.

Na análise dos MCs, averiguamos que alguns alunos demonstram dificuldades em estabelecer a reconciliação integrativa, pois não conseguiram reorganizar as semelhanças e as diferenças entre os conceitos ou as proposições. Assim sendo, podemos interpretar esse resultado à luz dos estudos de Conceição e Valadares (2002), que enfatizam que essa dificuldade manifestada pelos alunos acerca da reconciliação integrativa deve ser considerada natural, quando se trata de alunos que não tenham experiência anterior com o uso dos MCs ou de qualquer outro contexto de aprendizagem que se direcione a TAS, que, nesse caso, assemelha-se à situação real de nossos alunos nesta pesquisa.

De maneira geral, os MCs analisados respeitam o rigor científico dos conceitos básicos, porém poucos trazem novos conceitos. Do ponto de vista químico, os MCs buscam explicitar os processos de oxirredução, apresentando certa dificuldade para relacionar os conceitos de agente oxidante e agente redutor, tratam quase sempre da constituição da pilha, destacando os eletrodos, a ponte salina, as soluções eletrolíticas, mas poucos se preocuparam com os exemplos de pilha.

Como possibilidade de elaboração de mais um instrumento que fosse considerado válido para triangular os dados, foi aplicada, após as atividades com os mapas conceituais, uma avaliação tradicional.

#### 4.4 ANÁLISE PROVA APLICADA

Uma avaliação foi aplicada nas duas turmas, sendo realizada pelos alunos de forma individual e sem consulta aos materiais de ensino. A avaliação foi composta por três questões subjetivas e três objetivas (com opções de verdadeiro e falso), de modo que essas questões foram trabalhadas com ênfase na etapa dos organizadores prévios da sequência didática. Com isso, apresentamos os resultados das questões, que foram organizadas por ordem de apresentação (01 a 06) e os dados observados para cada uma das duas turmas.

- **Questão 1**

1) Observe na tabela os resultados dos testes de condutividade elétrica realizados com a sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), conhecida como açúcar de mesa e com o cloreto de sódio (NaCl), conhecido como sal de cozinha.

Substância	Condução de corrente elétrica	
	Sólido	Solução aquosa
Sacarose	Isolante	Isolante
Cloreto de Sódio	Isolante	Condutor

a) Descreva como ocorre a condução de corrente elétrica na solução de cloreto de sódio.

b) Por que o cloreto de sódio não conduz corrente elétrica no estado sólido?

c) A solução de açúcar é considerada uma solução eletrolítica? Explique.

Essa questão elucidada a diferença no comportamento de um composto iônico e de uma substância molecular quanto à condutividade elétrica. A pergunta (a) enfoca sobre a condução de corrente elétrica do cloreto de sódio, o qual consiste num composto iônico que está em solução aquosa. Assim, para respondê-la, é necessário que o aluno entenda que quando um composto iônico entra em contato com a água, ocorre a dissociação iônica, isto é, a separação dos íons que, assim, podem movimentar-se livremente na solução iônica formada, ou seja, é o movimento dos íons que permite a condução de corrente elétrica na solução. Neste sentido, a seguir, estão explícitas respostas de alguns alunos:

- “Acontece à dissociação iônica e os íons ficam livres para conduzir eletricidade.” (B6).
- “Pela dissociação iônica que deixam os íons livres.” (C15).
- “Quando colocamos o cloreto de sódio na água, ele vira um condutor que passa por um processo de dissociação iônica.” (C12).
- “Ocorre à dissociação iônica, sendo assim a liberação dos íons, deixando os cátions e os ânions separados para conduzir eletricidade.” (C13).
- “Ao adicionar o cloreto de sódio em solução, os íons ficam livres e aí ocorre a condução de energia elétrica.” (C14).

A simulação de “Soluções de açúcar e sal” apresenta as respectivas funções “Macro”, “Micro” e “Água”. A função “Macro” busca enfatizar os aspectos macroscópicos das soluções de açúcar e sal, como a realização do teste de condutividade elétrica, podendo também examinar de que modo as concentrações das soluções pode alterar essa propriedade. Além disso, existe a possibilidade de fazer esse mesmo teste no açúcar e no sal, ambos no estado sólido. A função “Micro” e “Água” (Figura 25) permitem evidenciar os aspectos submicroscópicos das soluções de açúcar e sal e que servem principalmente para elucidar explicações mais detalhadas acerca da dissociação iônica.

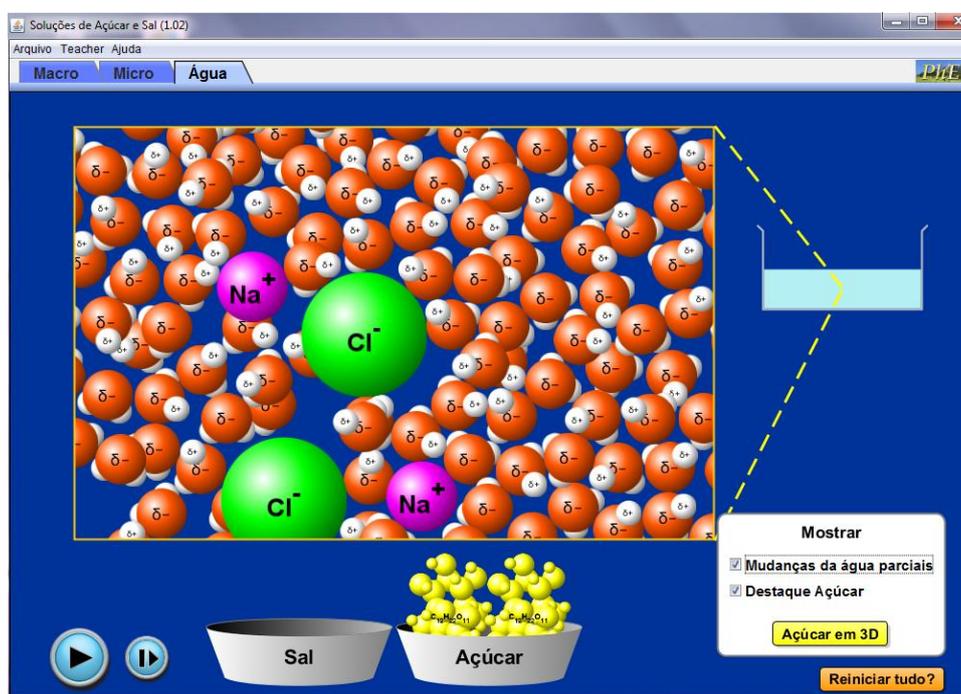


Figura 25. Funções da simulação “Soluções de açúcar e sal”.  
 Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/sugar-and-salt-solutions](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sugar-and-salt-solutions).

Em relação à pergunta (b), para respondê-la, é preciso ter conhecimento de que o cloreto de sódio não conduz corrente elétrica no estado sólido, pois os cátions estão

fortemente atraídos pelos ânions e organizados em um retículo cristalino, portanto não possuem mobilidade. Já na pergunta (c), a sacarose não conduz eletricidade, pois a sua molécula não é ionizável, assim, não formam íons, portanto será considerada uma solução não-eletrolítica.

As respostas satisfatórias para questão 1 (um) (a, b e c), representadas pela porcentagem de acerto dos alunos, foram:

Questões	Quantidade de alunos que acertaram cada questão (n = 30)	Porcentagem de acerto das questões
Q1- a	18	60%
Q1- b	14	46,67%
Q1 - c	21	70%

Podemos observar que a pergunta que os alunos tiveram um rendimento menos satisfatório foi a (b), em que apenas 14 alunos responderam de modo conveniente. Ainda assim, se compararmos com os resultados expostos no questionário inicial, que realizou um levantamento dos *subsunçores* dos alunos, na questão Q3b, que tratou também da condução de corrente elétrica nos compostos iônicos, notamos que nenhum aluno apresentou *subsunçor* satisfatório e apenas um aluno apresentou *subsunçor* parcialmente satisfatório.

Na pergunta Q1c da prova, verificamos um indicativo positivo de acertos (21 alunos – 70%), já no questionário inicial, a questão Q6a que indagava se a solução aquosa de sacarose resultava em uma solução eletrolítica ou não-eletrolítica, averiguamos que apenas um aluno apresentou *subsunçor* satisfatório e seis alunos apresentaram *subsunçor* parcialmente satisfatório.

- **Questão 2**

2) A água potável (torneira) é um composto que possui uma diversidade de substâncias dissolvidas. Será que os tipos de substâncias que estão dissolvidas na água afetam a sua condutividade elétrica? Explique.

A questão 2 (dois) buscou saber se o aluno consegue avaliar a condução de corrente elétrica na água potável. Para responder esse questionamento, o aluno deve considerar que a condutividade de uma solução depende dos íons presentes. De acordo com França, Marcondes e Carmo (2009), é fundamental que o aluno tenha um entendimento apropriado do conceito de íon, pois isso pode levá-lo a compreender melhor os diversos fenômenos que fazem parte do seu cotidiano. Os autores citam,

como exemplo, os sais solúveis em água que se dissociam e tornam o meio em condutor de eletricidade.

Portanto, é justamente isso que ocorre com a água potável, ela possui vários sais que passam pelo processo de dissociação iônica, o que faz com que a solução tenha íons livres e torne-se boa condutora de eletricidade.

Das respostas consideradas satisfatórias, observamos um índice de 56,67% do alunado, isto é, 17 alunos conseguiram descrever e explicar de que forma as substâncias presentes na água potável influenciam a sua condutividade elétrica.

Ao compararmos esse resultado da questão 2 (dois) da prova com a questão 4 (quatro) do questionário inicial (que, do mesmo modo, abordou sobre a condutividade elétrica da água potável, mas também da água pura), verificamos que nenhum dos alunos indicou *subsunçores* satisfatórios e somente um aluno apresentou *subsunçor* parcialmente satisfatório, quando expressou:

- “Porque a água potável tem substâncias que podem contribuir na condução elétrica” (C14).

Assim, notamos que, no questionário inicial, o aluno C14 meramente aponta que a água potável conduz corrente elétrica por conta das substâncias presentes, porém não detalha esse processo. Contudo, na prova, o aluno C14 descreve melhor esse questionamento, indicando a causa da condução de corrente elétrica:

- “Sim. Pois, algumas substâncias como os sais que estão presentes na água, podem ter íons e quando os íons ficam livres conduz energia elétrica.” (C14).

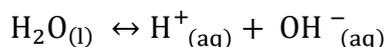
No questionário inicial, o aluno B14 demonstrou ter um *subsunçor* insatisfatório para a questão 4 (quatro), que está abordado a seguir:

- “Porque no processo de destilação a água perde sua diferença potencial de polos.” (B14).

A resposta do aluno B14 foi classificada como *subsunçor* insatisfatório, porque apresentou uma ideia muito vaga do assunto, mas podemos tentar interpretar que o aluno possivelmente refere que o processo de destilação interfere na condução de

eletricidade, certamente se tratando da água destilada, mas, em relação à água potável, o aluno não aborda nada específico. Porém, quando ele aponta ‘perde sua diferencial de potencial de polos’, pode ser que ele esteja relacionando com a pequena diferença de potencial de um circuito que é ocasionado devido à presença dos íons  $H^+$  e  $OH^-$  produzidos quando algumas moléculas de água pura sofrem o processo de autoionização.

Quando se realiza o teste de condução de corrente elétrica com o uso de um amperímetro, notamos que a água pura apresenta uma mínima condutibilidade elétrica, pois não é suficiente para ligar uma lâmpada incandescente do aparato empregado no teste tradicional. A reação de autoionização pode ser representada pela equação de equilíbrio:



Assim, na água pura, existe uma concentração muito pequena de íons (cerca de  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ ) que não permite a condução de corrente elétrica (ATKINS e JONES, 2012).

Em relação à questão 2 (dois) da prova, o aluno B14 expressa-se, com maior clareza, sobre a condução de corrente elétrica no caso da água potável do que no questionário inicial, sendo possível perceber que ele não enfatizou.

- “Sim, pois algumas dessas substâncias quando dissolvidas na água potável, passam pelo processo de dissociação iônica ou ionização, tornando-a condutora de eletricidade.” (B14).

Outro aluno que apresentou uma adequada evolução conceitual foi C13, que, no questionário inicial, evidenciou um *subsunçor* insatisfatório na questão 4 (quatro).

- “Porque existe uma corrente elétrica se conduzindo pela água.” (C13).

Todavia, depois de ter passado pela etapa dos organizadores prévios, esse aluno demonstrou, na questão 2 (dois) da prova, uma boa compreensão acerca da condutividade elétrica na água potável.

- “Sim, porque na água potável existem diversos sais, assim acontecendo à dissociação iônica, deixando os íons livres para conduzir energia elétrica.” (C13).

Os resultados da questão 1 (um) e 2 (dois) da prova estão intrinsecamente relacionados às atividades desenvolvidas com os organizadores prévios na etapa em que a professora aplicou um roteiro de exploração da Simulação “Soluções de Açúcar e Sal”, que teve, como principal objetivo: trabalhar com as condições necessárias para que haja condução de eletricidade nos materiais, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas e moleculares.

• **Questão 3**

3) Julgue os itens a seguir como verdadeiros ou falsos:

( ) Algumas substâncias moleculares quando dissolvidas em água, por meio do processo de ionização podem formar soluções eletrolíticas.

( ) A corrente elétrica consiste no movimento ordenado de cargas elétricas, através de um condutor elétrico.

( ) O ácido clorídrico (HCl) em solução aquosa não conduz eletricidade porque é uma substância molecular.

( ) A separação dos íons do retículo cristalino que ocorre quando um composto iônico se dissolve em água chama-se ionização.

A questão 3 (três) explicita alternativas do tipo verdadeiro ou falso. A sequência correta dos itens é: V – V – F – F. Para cada item, a quantidade de respostas verdadeira e falsa, assinalada pelos alunos e suas respectivas porcentagens foram:

– item 1:

V)	<b>23</b>	<b>76,67%</b>
F)	7	23,33%

– item 2:

V)	<b>21</b>	<b>70%</b>
F)	9	30%

– item 3:

V)	10	33,33%
F)	<b>20</b>	<b>66,67%</b>

– item 4:

V)	19	63,33%
F)	<b>11</b>	<b>36,67%</b>

As porcentagens de acerto para os itens 1 (um) a 4 (quatro) foram: 76,67%, 70%, 66,67% e 36,67%, respectivamente. O menor índice de acerto deu-se no item 4 (quatro), que trata da separação dos íons de um composto iônico em solução. A dissociação iônica e a ionização foram trabalhadas durante as atividades dos organizadores prévios, a professora explicou o processo de ionização por meio da imagem representada na sequência, na figura 26.

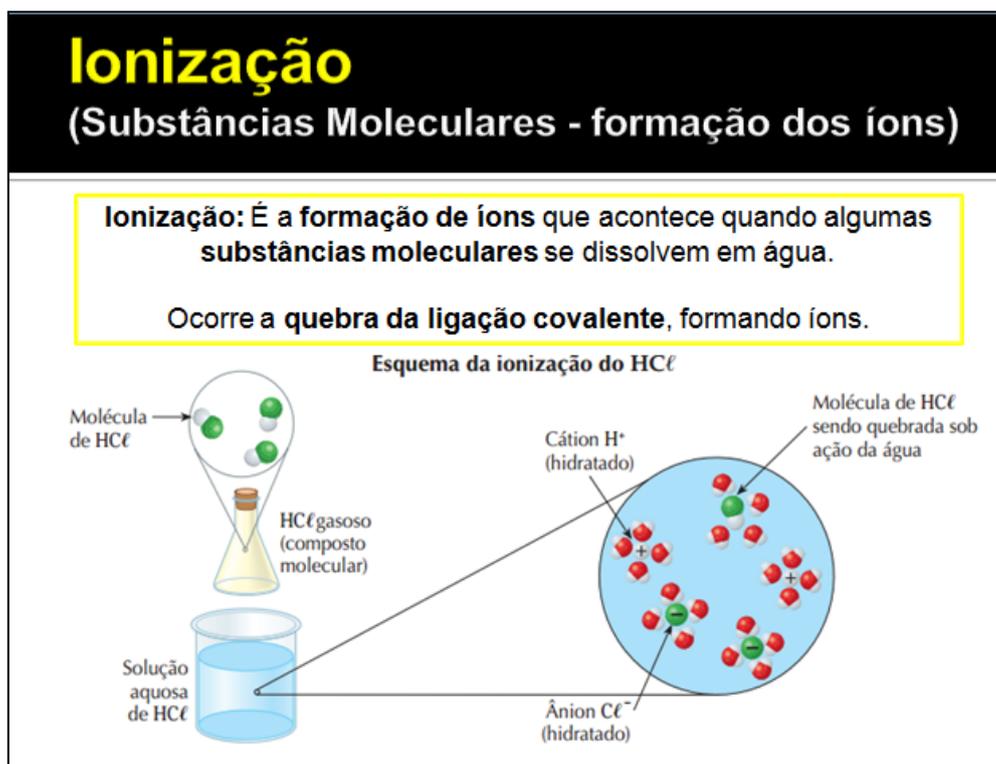


Figura 26. Slide organizado pela professora-pesquisadora para apresentar o processo de ionização.

Contudo, percebemos dificuldades dos alunos em relação à conceituação do processo de ionização e, algumas vezes, até confusões conceituais entre os processos, isso será abordado na questão 6 (seis), mais adiante.

– **Questão 4**

4) A professora de Química levou ao laboratório três Materiais (A, B e C) para serem analisados por seus alunos. Eles observaram uma das propriedades dos materiais que é a condutividade elétrica e apresentaram os resultados, conforme descrito na tabela abaixo.

Materiais	Condutividade elétrica
A	Condutor em meio aquoso
B	Não condutor em meio aquoso
C	Condutor no estado sólido

Com base nesses resultados, é correto afirmar que as ligações químicas predominantes nos sólidos A, B e C são, respectivamente:

- iônicas, covalentes e metálicas.
- iônicas, metálicas e covalentes.
- covalentes, iônicas e metálicas.
- covalentes, covalentes e iônicas.
- iônicas, iônicas e metálicas.

A questão 4 (quatro) envolveu o entendimento que muitas propriedades físicas, como, por exemplo, a capacidade dos materiais de conduzir ou não eletricidade pode ser prevista por meio do conhecimento da natureza da ligação química. Por conseguinte, o aluno deve, nessa questão, relacionar o tipo de ligação química predominante em cada material, através dos resultados expostos sobre a condução de corrente elétrica.

A alternativa correta dessa questão é a letra (a), pois, respectivamente, entendemos que: o material “a” é condutor em meio aquoso, sendo um composto iônico (ligação iônica) que tem que sofrer dissociação iônica. Já o material “b” é uma substância molecular (ligação covalente) que, em meio aquoso, não conduz eletricidade, certamente porque não sofre ionização. Por sua vez, o material “c” é um metal (ligação metálica), pois, no estado sólido, conduz muito bem energia elétrica.

O índice de acerto para a questão 4 (quatro), representado pela quantidade de alunos que assinalaram cada alternativa, foi:

Alternativas	Quantidade de alunos que assinalaram cada alternativa (n = 30)	Porcentagem de acerto da questão
a)	<b>20</b>	<b>66,67%</b>
b)	2	
c)	5	
d)	2	
e)	1	
Não respondeu/ram	-	

No questionário inicial, a questão Q3b aborda que o cloreto de sódio dissolvido em água conduz corrente elétrica e quando sólido não conduz corrente elétrica, já a questão Q3d pergunta qual tipo de ligação química ocorre no cloreto de sódio. Nesse

viés, podemos destacar que, nessas duas questões, existe essa relação de saber que a condução de corrente elétrica no material é pressuposto pelas ligações químicas.

Conforme já foi mencionado anteriormente, nenhum aluno apresentou *subsunção* satisfatório e apenas um aluno apresentou *subsunção* parcialmente satisfatório para a questão Q3b. Logo, na questão Q3d, um aluno manifestou *subsunção* satisfatório e sete alunos manifestaram *subsunção* parcialmente satisfatório. Neste sentido, podemos entender que o resultado da questão 4 (quatro) da prova foi significativo diante dos *subsunções* demonstrados pelos alunos.

### – Questão 5

5) O cobre metálico é bastante utilizado na confecção de fios condutores de eletricidade. Baseado na propriedade de condutividade elétrica dos metais pode-se afirmar a respeito do fio de cobre, que:

- a) é constituído de íons metálicos positivos em posições ordenadas, com os elétrons livres de valência movimentando-se em todo o fio.
- b) é constituído de moléculas.
- c) seus átomos estão unidos por ligações iônicas.
- d) as forças eletrostáticas que unem os átomos de cobre no fio são resultantes das interações dipolo-dipolo.
- e) as ligações nele existentes são covalentes.

Na questão 5 (cinco), a alternativa correta é a letra (a), pois a condutividade elétrica nos materiais pode ser explicada pela presença de íons ou elétrons que podem movimentar-se ao longo do material. No caso dos metais, a condutividade elétrica não é explicada pela presença de íons móveis, mas pela existência de elétrons móveis.

O índice de acerto para a questão 5 (cinco), representado pela quantidade de alunos que assinalaram cada alternativa, foi:

Alternativas	Quantidade de alunos que assinalaram cada alternativa (n = 30)	Porcentagem de acerto da questão
a)	<b>22</b>	<b>73,33%</b>
b)	1	
c)	2	
d)	2	
e)	2	
Não respondeu/ram	1	

Durante a etapa dos organizadores prévios, estudamos os metais, realizando o teste tradicional de condução de corrente elétrica e, de forma expositiva, tratamos da

ligação metálica a fim de explicar aos alunos a capacidade dos metais para conduzir corrente elétrica. Assim, para discutirmos a ligação metálica, buscamos utilizar o modelo teórico denominado “mar de elétrons” ou “nuvem de elétrons”, abordado por muitos livros didáticos do Ensino Médio.

Nesse modelo, o metal é constituído por uma rede de íons metálicos (cátions) envoltos por elétrons de valência. Os elétrons estão ligados ao metal por meio de atrações eletrostáticas aos cátions, de modo que esses elétrons estão uniformemente distribuídos pela estrutura. Contudo, os elétrons são móveis e nenhum elétron individual está ligado a qualquer cátion específico, isto é, eles podem transitar facilmente entre os átomos do material. Por isso, entende-se que quando um fio metálico é conectado aos polos de uma bateria, os elétrons fluem pelo metal no sentido do polo positivo para dentro do metal a partir da bateria no polo negativo (BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005).

Embora o modelo “mar de elétrons” ou “nuvem de elétrons” seja considerado simples do ponto de vista submicroscópico, respaldamo-nos, teoricamente, nos pressupostos de Carvalho e Justi (2005), que salientam que toda analogia utilizada como modelo de ensino pelo professor deve promover a discussão:

das idéias prévias dos alunos importantes para o entendimento da mesma (como, por exemplo, o significado de naturezas elétricas diferentes e das forças possíveis de existir entre entidades de diferentes naturezas elétricas) quando ela for introduzida pela primeira vez; das partes positivas da analogia, mas enfatizando que elas não esgotam a explicação da formação da ligação das partes negativas da analogia, a fim de que os alunos não as tomem como positivas e, a partir daí, sejam capazes de propor explicações coerentes para as propriedades dos metais; do papel da analogia na compreensão do modelo científico proposto para explicar a formação dos metais. Isso seria essencial para que os alunos não utilizassem a analogia como se ela fosse a própria ligação metálica (CARVALHO E JUSTI, 2005, p. 3).

Outro fator importante apontado pelas autoras é a possibilidade de existir uma articulação entre os ensinamentos acerca da eletricidade, ligação metálica e eletroquímica, tendo em vista que, atualmente, os alunos estudam ligações metálicas na disciplina de Química, mas não se discute nada sobre a natureza da corrente elétrica, nem tampouco o ensino de eletricidade (na disciplina Física) ocorre no mesmo ano em que os alunos aprendem sobre ligação metálica. Em virtude disso, Carvalho e Justi (2005) observam que se exige demais ao esperar que os alunos consigam relacionar a ideia do “mar de elétrons” com a condução de corrente elétrica.

No questionário inicial, a questão Q5 perguntou sobre quais espécies químicas (íons/elétrons) são responsáveis pela condução de corrente elétrica em soluções iônicas e em compostos metálicos. Como resultado, 16 alunos apresentaram *subsunção* satisfatório, enquanto 15 alunos apresentaram *subsunção* inconsistente. Na prova, percebemos que uma boa parte dos alunos reconheceu como ocorre a condução de eletricidade nos metais.

O metal cobre foi utilizado na construção da pilha de Daniell, servindo como um dos eletrodos, além de estar presente na constituição do fio metálico para fechar o circuito externo da pilha. Assim, a questão Q2b do pós-teste pede ao aluno que indique quais as formas de condução de corrente elétrica na pilha. São apresentadas, a seguir, as respostas dos alunos C11, C15 e B17:

- “metal pelos elétrons e a solução salina pelos íons.” (C11).
- “a condução elétrica ocorre nos metais com os elétrons, mas também pode ser conduzida pelos eletrólitos.”. (C15).
- “conduz eletricidade pela lâmina de zinco, lâmina de cobre, fio metálico, solução salina e ponte salina”. (B17).

Percebemos que os alunos procuraram pontuar alguns elementos da pilha, que são responsáveis pela condução de corrente elétrica, sobretudo, quando indicam que essa propriedade pode acontecer nos metais, como nos eletrodos e fio metálico, mas também no interior da pilha com as soluções salinas, a partir dos eletrólitos.

#### – **Questão 6**

6) O cloreto de sódio (NaCl) quando dissolvido em água passa pelo processo de dissociação iônica, já o ácido clorídrico (HCl) quando dissolvido em água passa pelo processo de ionização. Explique a diferença dos processos de dissociação iônica e ionização.

A dissociação iônica é caracterizada pela dissolução de um composto iônico, tal como o cloreto de sódio (NaCl) em água, ocorrendo um processo de separação de íons preexistentes do soluto, de modo que esses íons que estão fortemente atraídos por suas cargas opostas e, ao entrarem em contato com o solvente molecular (H<sub>2</sub>O), tornam-se solvatados ou hidratados pelas moléculas da água (CARMO e MARCONDES, 2008). Por outro lado, a ionização resulta da formação de íons, não sendo semelhante ao fenômeno de dissociação iônica. Na molécula de ácido clorídrico (HCl), existe uma

ligação covalente polarizada entre os átomos de hidrogênio e cloro. Assim, quando está em meio aquoso, a ligação covalente rompe-se heterolicamente e procede na formação do íons  $H^+$ , sendo que o elétron é transferido para o cloro (CASSIANO, MESQUITA e RIBEIRO, 2016).

Nas respostas fornecidas pelos alunos sobre a questão 6 (seis), percebemos uma grande dificuldade deles em descrever o processo de ionização, sendo que somente 13,33% das respostas condizem com o conceito de ionização e 53,33% das respostas com o conceito de dissociação iônica, além disso 23,33% dos alunos não responderam essa questão. Logo, somente 16,67% dos alunos conseguiram diferenciar de forma adequada os processos de dissociação iônica e ionização, as respostas dos alunos estão apresentadas a seguir:

- “A dissociação iônica é a separação dos íons de uma substância iônica e a ionização é quando uma substância molecular forma íons devido ao contato com a água.” (B14).
- “A dissociação separa os íons, já a ionização forma íons.” (B18).
- “A dissociação iônica ocorre à separação dos íons em solução (ligação iônica). A ionização é a formação de íons em solução (ligação covalente).” (C15).
- “Dissociação iônica é quando os íons se separam, e a ionização ocorre exatamente o contrário, os íons se formam.” (C17).
- “Dissociação iônica = separação dos íons em solução. Ionização = formação dos íons em solução.” (C10).

Ao contrastarmos essas respostas da prova com os *subsunçores* levantados no questionário inicial, notamos que, na questão Q3a, que trata da dissociação iônica, apenas dois alunos apresentaram *subsunçor* satisfatório e dois alunos apresentaram *subsunçor* parcialmente satisfatório. Na questão Q7a, que aborda a ionização, nenhum aluno demonstrou *subsunçor* satisfatório e somente um aluno demonstrou *subsunçor* parcialmente satisfatório.

Após observarmos na prova uma resposta apropriada do aluno B14 para a questão 6 (seis), identificamos, no questionário inicial, que o aluno apresentava *subsunçor* satisfatório para a questão Q3a como descrito a seguir:

- “É como se a dissociação separa-se os cátions dos ânions.” (B14).

Em seguida, para a questão Q7a, o aluno mostrou *subsunção* parcialmente satisfatório:

- “como se fosse um processo de separação entre as moléculas que possuem cátions e as que possuem ânions.” (B14).

Assim, entendemos que o aluno B14 acreditava que os cátions e ânions já estavam presentes na molécula, o que consiste numa concepção incorreta sobre o processo de ionização.

Esse mesmo obstáculo com relação aos conceitos de dissociação iônica e ionização foi verificado por Cassiano, Mesquita e Ribeiro (2016) em sua pesquisa, mas com formandos do curso de licenciatura em Química. Os autores revelam que essas dificuldades conceituais estão fundadas por uma formação fragmentada, resultante da falta de articulação dos saberes específicos e pedagógicos. Neste sentido, se reportarmos esse caso para a formação de nossos alunos do Ensino Médio, cabe refletir como os ‘saberes’ estão sendo construídos ao longo da disciplina de Química e o que implica no desenvolvimento desses ‘saberes’.

O último instrumento aplicado tratou de uma nova situação de aprendizagem, cuja proposta está relacionada aos processos eletroquímicos envolvidos no funcionamento das pilhas secas e alcalinas.

#### 4.5 NOVA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM

No processo de intervenção de ensino, os conceitos de eletroquímica foram introduzidos e sistematizados à medida que os alunos estudavam aspectos que envolvem as pilhas que podem ser preparadas em laboratório, como a pilha de Daniell. Entretanto, entendemos que seja relevante o aluno compreender que, nas pilhas para fins comerciais, aplicam-se os mesmos conhecimentos. Desse modo, a atividade da ‘nova situação de aprendizagem’ propôs aos alunos uma investigação dos processos eletroquímicos que ocorrem nas pilhas secas e nas pilhas alcalinas.

A proposta foi planejada em dois momentos, sendo que, primeiro, foi realizada uma leitura da atividade e uma breve discussão com os alunos respaldado no artigo “Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental” de Bocchi, Ferraci e Biaggio (2000), a fim de explicar as características de cada pilha e levantar as suas vantagens e

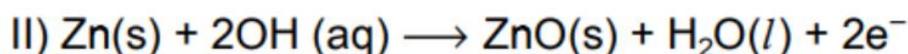
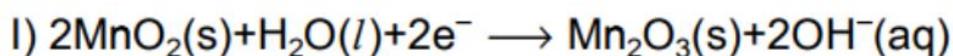
as desvantagens. Prontamente, num segundo momento, os alunos deveriam resolver os questionamentos da atividade sem consulta a qualquer material.

A atividade de resolução da nova situação de aprendizagem apresentou, inicialmente, um breve texto sobre a pilha seca de zinco/dióxido de manganês, que foi organizado pela professora, bem como trouxe algumas questões que estão explícitas na sequência:

- a) Qual(s) a(s) vantagem(s) e a(s) desvantagem(s) da pilha seca?
- b) Qual o número de oxidação do manganês e do zinco nas diferentes formas em que se fazem presentes na reação?
- c) Identifique e explique o processo de oxidação e o processo de redução que ocorre na pilha seca.
- d) Qual é o agente oxidante? Explique.
- e) Qual é o agente redutor? Explique.
- f) Qual é o cátodo da pilha seca? Explique.
- g) Qual é o ânodo da pilha seca? Explique.
- h) Indicando a substância constituinte de cada eletrodo, qual é o sentido do fluxo de elétrons na pilha em funcionamento?

A próxima etapa dessa atividade correspondeu a uma questão adaptada da Universidade Federal do Ceará, que trouxe como proposta de situação a pilha alcalina.

(UFC-Adaptada) Um aprimoramento da pilha de Leclanché é o eletrólito alcalino, pois ele impede que ocorram reações quando a pilha não está em uso. Nessas pilhas, o eletrólito cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) é substituído pelo hidróxido de potássio ( $\text{KOH}$ ), o que justifica o uso da expressão **pilhas alcalinas**, isto é básicas. As pilhas alcalinas apresentam maior durabilidade que as pilhas secas, devido à pureza de seus materiais e ao processo de fabricação ser diferenciado, mas seu custo é maior.



- a) Qual(s) a(s) vantagem(s) e a(s) desvantagem(s) da pilha alcalina?
- b) Identifique e explique o processo de oxidação e o processo de redução que ocorre na pilha alcalina.
- c) Sabendo-se que os potenciais padrão de redução,  $E^\circ$ , do zinco e do manganês, nos processos I e II, são  $-1,25\text{V}$  e  $+0,29\text{V}$ , respectivamente, calcule a voltagem produzida pela pilha.

A apresentação dos dados referentes aos 32 alunos que participaram dessa etapa será exposta para cada uma das pilhas investigadas na atividade.

### **1.1.1 Pilha de zinco/dióxido de manganês (Pilha seca)**

A questão (a) buscou elucidar vantagem(s) e desvantagem(s) das pilhas secas. Uma das vantagens da pilha seca descrita no texto da atividade está relacionada ao seu baixo custo. Já a respeito das desvantagens, a pilha seca possui vida útil curta por apresentar reações paralelas que podem ser chamadas também de reações de prateleira. Tais reações acontecem durante o armazenamento das pilhas, isto é, antes de serem usadas e mediante o período em que permanecem em repouso entre várias descargas, assim podendo provocar vazamentos de substâncias (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000).

Vinte e um alunos apontaram de forma sucinta a vantagem e a desvantagem das pilhas secas. Em contrapartida, oito alunos referiram-se corretamente em relação à desvantagem, mas não conseguiram indicar qualquer vantagem da pilha, e três alunos não responderam de acordo com o objetivo da pergunta. Desse modo, podemos evidenciar a seguir algumas das respostas consideradas adequadas:

- Aluno B12: *Vantagens: baixo custo da pilha ao ser comercializada. Desvantagens: vazamento das substâncias.*

- Aluno B17: *A pilha seca tem um menor custo, mas tem uma desvantagem a sua pouca durabilidade, pois fica acontecendo às reações mesmo não sendo utilizada no aparelho.*

- Aluno C14: *Uma das vantagens é o preço baixo e sua usabilidade, já as desvantagens é que a pilha contém um gás que causa pressão interna na pilha ocasionando vazamento de suas substâncias.*

As reações que procedem durante o processo de descarga da pilha seca são complexas e existem alguns detalhes que ainda não foram completamente compreendidos. Por isso, conhecemos apenas o processo de descarga básico dessa pilha que consiste na oxidação do zinco no ânodo e a redução do Mn (IV) a Mn (III) no cátodo (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000).

Na questão (b), vinte e um alunos indicaram de modo correto que, na reação de oxirredução da pilha, o número de oxidação (nox) do zinco passou de 0 para +2, enquanto que o nox do manganês passou de +4 para +3.

Com relação à questão (c), que solicita a identificação e a explicação do processo de oxidação e o processo de redução que ocorrem na pilha, verificamos que vinte e um alunos responderam satisfatoriamente a pergunta, pois, na pilha, acontece a oxidação do zinco, sendo que houve um aumento do seu nox que resultou na perda de elétrons. Já o manganês do  $MnO_2$  (dióxido de manganês) passa pelo processo de redução, porque houve uma diminuição do seu nox que resultou no ganho de elétrons. Isso fica evidenciado na resposta do aluno B14:

- Aluno B14: *Oxidação é quando há perda de elétrons como no  $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+}$  e redução é quando há ganho de elétrons como no  $Mn^{+4} \rightarrow Mn^{+3}$ .*

Quinze alunos conseguiram responder as questões (d) e (e) de forma adequada, indicando que o agente oxidante é o manganês, pois promove a oxidação e é uma espécie química que é reduzida, ao passo que o agente redutor é o zinco, pois promove a redução e é uma espécie química que é oxidada. As respostas apresentadas pelos alunos B15, C13 e B13 expressam uma relação da pergunta com o conceito de agente oxidante e agente redutor:

- Aluno B15: (d) *O manganês é o agente oxidante, pois ele provoca a oxidação.* (e) *O zinco é o agente redutor, pois ele provoca a redução.*

- Aluno C13: (d) *O agente oxidante é o manganês. O agente oxidante é a substância que causa a oxidação na outra substância.* (e) *O agente redutor é o zinco. O agente redutor é a substância que causa a redução na outra substância.*

- Aluno B13: (d) *O manganês é o agente oxidante, porque sofreu redução (ganho de elétrons).* (e) *O zinco é o agente redutor, pois sofreu oxidação (perda de elétrons).*

As questões (f) e (g) pretendiam averiguar qual seria o cátodo e o ânodo da pilha seca. Para isso, é necessário entender que as pilhas possuem dois eletrodos: um denominado cátodo, no qual ocorre a redução dos cátions, e outro denominado ânodo, onde acontece a oxidação do metal. O eletrodo em que ocorre a redução do cátion manganês é o cátodo e o eletrodo em que ocorre a oxidação do metal zinco é o ânodo. Nas referidas questões, dezesseis alunos responderam de forma conveniente com a pergunta, como relatado pelos alunos C13 e B17:

- Aluno C13: (f) *O manganês representa o cátodo, porque ocorre a reação de redução.* (g) *O zinco representa o ânodo, porque ocorre a reação de oxidação.*
- Aluno B17: (f) *Cátodo é o manganês porque ocorre o processo de redução.* (g) *Ânodo é zinco porque ocorre o processo de oxidação.*
- Aluno B16: (f) *No cátodo ocorre a redução (perde elétrons) do  $MnO_2$  com o  $Mn_2O_3$ .* (g) *No ânodo ocorre a oxidação (ganha elétrons) do Zn com  $Zn^{2+}$ .*

Na resposta do aluno B16, percebemos que nem tudo tem concordância. O processo de redução é caracterizado pelo ganho de elétrons, enquanto que o processo de oxidação é caracterizado pela perda de elétrons, assim tal relação não foi aplicada pelo aluno. O aluno B14 apresenta algumas confusões também em sua resposta como descrito a seguir:

- Aluno B14: (f) *O zinco é o cátodo, pois é aonde se concentram os cátions.* (g) *O manganês é o ânodo, pois é aonde se concentram os ânions.*

Quando o aluno B14 afirma que o cátodo consiste no zinco e o ânodo consiste no manganês, existem equívocos. No entanto, é interessante notar que o aluno aponta certa coerência ao mencionar que o cátodo é onde se concentram os cátions e o ânodo é onde se concentram os ânions. De tal modo, o aluno provavelmente refere que os ânions migram do cátodo para o ânodo concentrando-se no ânodo, já os cátions fazem o caminho oposto do ânodo para o cátodo, concentrando-se no cátodo.

Na questão (h), os alunos tiveram mais dificuldade para indicar qual é o fluxo espontâneo de elétrons na pilha seca entre os eletrodos, sendo que apenas onze alunos conseguiram estabelecer que o fluxo de elétrons ocorre a partir do ânodo (perde elétrons) com a reação de oxidação do zinco e percorrem, através do bastão de grafite até o cátodo (ganha elétrons), com a reação de redução do manganês. Os alunos C15, B13 e B17 apresentaram as seguintes relações:

- Aluno C13: *Do ânodo para o cátodo, porque o ânodo perde elétrons e o cátodo ganha elétrons, e assim o fluxo acontece.*
- Aluno B13: *O sentido é do zinco que está perdendo elétrons para o manganês que está ganhando elétrons.*
- Aluno B17: *O zinco é o ânodo que perde elétrons para o manganês que é o cátodo que ganha elétrons.*

### 1.1.2 Pilha de zinco/dióxido de manganês (Pilha Alcalina)

A pilha alcalina provém dos mesmos eletrodos (cátodo e o ânodo) que a pilha seca, porém o seu diferencial é o eletrólito que consiste em uma solução aquosa de hidróxido de potássio, por isso, a denominação alcalina para essa pilha. Ademais, o seu recipiente externo é produzido em chapa de aço para garantir melhor vedação, de modo a impedir o vazamento de eletrólito altamente caustico (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000).

Na questão (a), solicitamos a descrição das vantagens e desvantagens das pilhas alcalinas. As vantagens estão vinculadas ao seu eletrólito alcalino e ao processo de fabricação, assim elas não apresentam as reações paralelas ou de prateleira e os vazamentos constatados na pilha seca e, portanto, apresentam maior durabilidade. No entanto, a sua desvantagem é o custo mais elevado na comercialização, pois o seu consumo no Brasil gira em torno de 30%, enquanto que o das pilhas secas está em aproximadamente 70% (BOCCHI, FERRACIN e BIAGGIO, 2000).

Vinte e dois alunos retrataram que a vantagem das pilhas alcalinas consiste em sua maior durabilidade em relação às pilhas secas, contudo, parte desses alunos não explicou o motivo pelo qual essas pilhas permanecem por mais tempo funcionando, já em relação à desvantagem todos os alunos abordaram que condiz ao alto custo para comercialização dessas pilhas. Observamos, em seguida, alguns alunos que buscaram responder de forma concisa essa questão:

- Aluno C12: *Vantagens: possui um reagente que impede que ocorram reações quando não está em uso, tendo assim maior durabilidade. Desvantagem: seu custo é maior.*
- Aluno C11: *Vantagens: durabilidade maior, pois não ocorrem reações quando a pilha não está em uso, assim não acontecendo vazamento de substâncias. Desvantagem: custo maior.*
- Aluno B17: *As vantagens são que ela tem longa durabilidade e não acontece a reação quando esta em repouso e a desvantagem é que seu custo é maior.*

Na questão (b), como já foi supramencionado, o processo que ocorre no ânodo e no cátodo é o mesmo da pilha seca, ou seja, no ânodo, acontece a oxidação do zinco e, no cátodo, ocorre a redução do manganês. Portanto, apenas nove alunos conseguiram perceber essa relação dos processos eletroquímicos da pilha alcalina com a pilha seca.

Para justificar a resposta dessa questão, a professora orientou os alunos que uma das possibilidades estava em analisar o valor do potencial-padrão de redução do zinco e do manganês para os processos I e II apresentados na questão (c), pois a capacidade de uma espécie química em reduzir ou oxidar é definida a partir de escalas de potencial de redução. Assim sendo, nessa escala, as espécies químicas abaixo do hidrogênio apresentam potencial positivo, o que significa que elas possuem maior tendência a reduzir do que a do hidrogênio, por outro lado, as espécies químicas com potencial negativo possuem maior tendência a oxidarem em relação ao hidrogênio (SANTOS e MÓL, 2016).

Desse modo, verificamos que o potencial de redução do manganês é positivo e do zinco é negativo, isto é, o potencial de redução do manganês é maior, logo o manganês reduzirá e o potencial de redução do zinco é menor, logo o zinco oxidará. As respostas dos alunos C13 e C15 apresentam esse entendimento:

- Aluno C13: *No zinco ocorre o processo de oxidação. No manganês ocorre o processo de redução, porque o valor do  $E^\circ$  manganês é maior que o valor do  $E^\circ$  do zinco.*

- Aluno C15: *No zinco ocorre o processo de oxidação, porque o seu  $E^\circ$  é menor que do manganês ( $Zn = -1,25$ ). No manganês ocorre o processo de redução, porque o seu  $E^\circ$  é maior que o do zinco ( $Mn = +0,29$ ).*

A questão (c) busca identificar o potencial elétrico da pilha, que geralmente nos referimos como a “voltagem da pilha”, sendo constatado através de um cálculo a partir dos valores de potencial-padrão de redução das espécies químicas envolvidas. Diante disso, o potencial elétrico da pilha é medido em unidade de volts (V) e corresponde à diferença entre os potenciais de seus eletrodos. Assim, o potencial elétrico de uma pilha ( $\Delta E^\circ$ ) é dado pelo potencial-padrão de redução da reação do cátodo,  $E^\circ_{\text{red}}$  (cátodo), subtraindo o potencial-padrão de redução da reação do ânodo,  $E^\circ_{\text{red}}$  (ânodo) (BROWN, LEMAY e BURSTEN, 2005).

Nesse caso, o valor teórico para o potencial elétrico  $\Delta E^\circ$  dessa pilha será de +1,54 V e esse  $\Delta E^\circ$  de valor positivo indica que, para qualquer reação da pilha, prossegue espontaneamente. Portanto, dez alunos que realizaram esse cálculo acertaram o valor encontrado com o valor teórico.

Nessa atividade, os alunos foram desafiados a aplicar os seus conhecimentos de eletroquímica, procurando correlacionar conceitos e aspectos presentes nas pilhas

investigadas na situação em questão, com as pilhas estudadas em aulas anteriores. Nos resultados obtidos, foi relevante notar que parte dos alunos externalizou os significados que foram captados durante as aulas expositivas, as atividades experimentais e as aulas com uso das TDICs, e que eles também buscaram explicar e justificar as suas respostas. Nesse contexto, fica visível que o aluno apresenta uma nova postura mediante a avaliação, porque ele mostra-se capaz de resolver uma situação nova que requisita a máxima transformação de seu conhecimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito desta investigação foi direcionado à realização de uma estratégia didática para o ensino e a aprendizagem do conteúdo de pilhas e baterias na disciplina de Química, baseada no uso das TDICs e atividades experimentais, fundamentada nos princípios da TAS. A presente pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, do tipo intervenção pedagógica, desenvolvida com trinta e sete alunos de duas turmas do segundo ano do ensino médio de uma escola pública, na qual lecionava a autora deste trabalho.

O nosso objetivo central consistiu na produção e implementação de uma UEPS para investigar a aprendizagem significativa de conceitos eletroquímicos, com ênfase em pilhas e baterias, por meio da aplicação das TDICs e atividades experimentais. Neste sentido, as estratégias de intervenção da UEPS foram inseridas em um trabalho de pesquisa, tendo como principal respaldo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Na UEPS, são apresentados sete momentos, sendo que o primeiro trata da investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, o segundo aborda a estratégia do organizador prévio, o terceiro trabalha com a construção de mapas-teste, o quarto enfoca o estudo das reações de oxirredução, o quinto enfatiza a história da invenção das pilhas e os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desses dispositivos, o sexto destaca a construção e o funcionamento de uma pilha e o sétimo envolve a aplicação de instrumentos de avaliação da aprendizagem.

Como um dos elementos principais da TAS visa explorar e desvelar os conhecimentos prévios dos alunos para que o ensino seja baseado naquilo que o aprendiz já sabe, inicialmente, em nossa pesquisa, foi realizada uma investigação para o levantamento de conceitos *subsunçores* relacionados aos conteúdos de Química geral e eletroquímica. Assim, ao analisarmos as respostas dos alunos presentes nos instrumentos aplicados (questionário inicial e pré-teste), observamos dificuldades deles para explicar os questionamentos, de modo que uma parte significativa dos alunos apresentou conceitos inadequados e *subsunçores* inconsistentes.

Diante dos resultados averiguados, buscamos desenvolver a estratégia dos organizadores prévios, recomendados por Ausubel, para facilitar a aprendizagem significativa do novo conhecimento, já que percebemos a necessidade de utilizar esse mecanismo pedagógico no intuito de estimular o progresso de conceitos, ideias e

proposições relevantes apresentadas pelos alunos. Por isso, a abordagem dessa etapa consistiu no estudo da condução de corrente elétrica nos materiais, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.

De forma geral, os estudantes demonstraram a predisposição inicial para aprender, devido uma boa aceitação da proposta metodológica e, principalmente, por utilizar as TDICs e as atividades experimentais no ensino do conteúdo. Entretanto, na etapa de construção dos mapas conceituais, eles apresentaram certa resistência em relação a essa técnica, pois eles já haviam tido uma experiência em outra disciplina e traziam consigo uma concepção equivocada, na qual apontavam que não gostavam dessa atividade, por ser muito complexa, não entendiam o seu real propósito no processo de aprendizagem.

Contudo, no decorrer das aulas, a docente pesquisadora procurou explicar o conteúdo e guiar os alunos por meio dos mapas, fazendo com que eles entendessem a técnica e o sentido de toda organização do mapa conceitual. Assim, os discentes foram percebendo e destacando que essa atividade diferenciava-se, por requerer deles um entendimento aprofundado do conteúdo estudado, além de fazer com que eles praticassem um pensamento reflexivo, pois, naquele momento, era preciso retomar e selecionar os conceitos essenciais estudados, bem como planejar como os conceitos e as proposições seriam dispostos, a fim de integrá-los, relacioná-los e diferenciá-los. Nesse viés, evidenciamos nesta pesquisa que os mapas conceituais são valiosos instrumentos de avaliação tanto para o docente, quanto para os discentes, que podem apreciar o andamento do processo de construção de conhecimentos.

Na análise dos mapas conceituais dos alunos sobre o conteúdo estudado, notamos que uma parte expressiva deles procurou respeitar o rigor científico dos conceitos básicos, porém poucos trouxeram novos conceitos. Do ponto de vista químico, os mapas conceituais buscaram explicitar os processos de oxirredução, apresentando certa dificuldade para relacionar os conceitos de agente oxidante e agente redutor, trataram quase sempre da constituição da pilha, destacando os eletrodos, a ponte salina, as soluções eletrolíticas, mas poucos se preocuparam com os exemplos de pilha.

Desse modo, nos mapas ponderados como insatisfatórios, a maior parte apresentou poucos conceitos básicos, sendo que nenhum expressou conceitos novos. Percebemos uma grande dificuldade no princípio da reconciliação integrativa, assim como na hierarquização. Para os mapas conceituais considerados satisfatórios,

encontramos os principais conceitos do estudo das pilhas e baterias, as palavras de ligação apresentaram sentido lógico com o conceito ao qual se associam, observamos que existe uma clareza de leitura dos mapas, como também demonstração dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Como mencionado anteriormente, os resultados expressos nos instrumentos iniciais desta pesquisa (questionário inicial e pré-teste) indicaram que os alunos apresentaram um conhecimento superficial e, muitas vezes, equivocados sobre Química geral e conceitos básicos da eletroquímica. Em particular, no questionário inicial, observamos dificuldades de compreensão dos alunos sobre os processos de dissociação iônica e ionização, bem como eles não reconheceram as espécies químicas responsáveis pela condução de corrente elétrica nas substâncias iônicas, moleculares e metálicas. Tais obstáculos, supostamente, implicam um entendimento insuficiente dos alunos em relação à natureza da matéria.

Para a triangulação dos dados, aplicamos uma prova aos alunos, que tratou especialmente de conceitos químicos trabalhados na etapa dos organizadores prévios, e, ao contrastarmos os resultados dessa prova com as do questionário inicial, percebemos uma evolução do nível conceitual, pois, neste instrumento, eles conseguiram elaborar de forma mais detalhada as suas respostas, procurando enfatizar aspectos condizentes às espécies químicas (íons/elétrons) para elucidar como ocorre a condução de corrente elétrica nos materiais. Todavia, ainda assim, observamos, em alguns alunos, confusões conceituais, como, por exemplo, os conceitos de dissociação iônica e ionização.

Em relação ao pré-teste e ao pós-teste, ao averiguarmos os resultados desses instrumentos, identificamos que conceitos apontados como inadequados no pré-teste foram considerados plausíveis e adequados no pós-teste, exemplo disso foi o questionamento aos alunos sobre as transformações de energia que acontecem na pilha em funcionamento, sendo que, no pós-teste, boa parte desses discentes conseguiu detalhar esses fenômenos, bem como abordar em seus mapas conceituais.

Na nova situação de aprendizagem, foi proposto aos estudantes uma investigação dos processos eletroquímicos presentes nas pilhas secas e nas pilhas alcalinas. Para resolução dos questionamentos postos nessa atividade, os alunos deveriam utilizar os seus conhecimentos que foram estudados nas aulas anteriores, como nas aulas expositivas, na atividade experimental da pilha de Daniell e nas simulações computacionais. Desse modo, na apreciação dos dados, constatamos que uma parte expressiva dos alunos externalizou os significados trabalhados nas aulas

supramencionadas e assumiu uma nova postura em frente à avaliação, pois eles procuraram resolver a situação que lhes solicitava a máxima transformação de seus conhecimentos.

Ademais, uma das tarefas mais difíceis nesse processo de construção do aprendizado significativo é a predisposição do aluno para aprender, frente a isso, compete ao professor aguçar no aluno a pretensão em participar ativamente das situações de ensino. Dessa maneira, verificamos que a integração das TDICs com as atividades experimentais é possibilidades de estratégias para que o professor possa provocar o empenho, a curiosidade, o interesse e a disposição investigativa dos alunos, despertando esses aspectos para envolvê-los de forma efetiva no ensino.

As TDICs utilizadas na UEPS, como as simulações computacionais, buscaram contribuir para um melhor entendimento dos estudantes sobre conceitos como transferência de elétrons e oxidação e redução, de modo que esses recursos procuravam agregar a visualização de fenômenos submicroscópicos, porém os resultados apresentados na pesquisa indicam que, ainda assim, parte dos estudantes não conseguiu compreender efetivamente esse nível de representação da Química. Neste sentido, consideramos que esse processo de assimilação do nível submicroscópico é dificultoso para eles, pois demanda vários fatores como a própria qualidade dos recursos tecnológicos utilizados, o tempo proposto para realização das aulas, seus conhecimentos prévios, etc.

Por outro lado, as atividades experimentais classificadas na modalidade “demonstração/observação aberta” colaboraram para uma análise dos aspectos de nível macroscópico, de forma que os alunos sentiram-se estimulados em realizar uma observação minuciosa, levantar hipóteses, questionar e refletir criticamente sobre os fenômenos tratados nos experimentos, assim foi possível à professora a problematização do conteúdo e a mediação na negociação de significados dos conceitos eletroquímicos envolvidos. Contudo, ressaltamos que aulas expositivas também foram importantes, principalmente para trabalhar o nível simbólico da Química, como, por exemplo, as equações químicas das reações de oxirredução, nox e os cálculos de ddp.

Em tese, a teoria ausubeliana ofereceu uma base teórica e epistemológica favorável para a criação e a implementação de novas situações no ensino e na aprendizagem de eletroquímica. Em consonância ao contexto abordado nesta pesquisa, uma possível interpretação de nossos resultados é que Teoria da Aprendizagem Significativa tem um grande potencial para propostas didáticas que utilizem as TDICs e

as atividades experimentais, além de contribuir de forma preponderante para o aprendizado significativo de conceitos eletroquímicos.

Como perspectiva futura de continuidade desta pesquisa, temos como possibilidade para o ensino de eletroquímica compartilhar e trabalhar com o material desenvolvido e os resultados encontrados em nosso estudo no contexto de formação de professores, buscando promover uma prática docente com vistas ao melhor desenvolvimento do aluno e à construção de aprendizado significativo.

## REFERÊNCIAS

ALMIRON, Mirian Elisabet; PORRO, Silvia. Las TIC em la enseñanza: um análisis de casos. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**, v. 16, n. 2, p.152-160, mar. 2014.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1999.

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M. L. V. S. – Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de ensino de Física**, v. 25, n.2. p.176-194, junho, 2003.

ARRUDA, Eucidio Pimenta. A formação do professor no contexto das tecnologias do entretenimento. **Educação Temática Digital**. v. 15, n. 2, p.264-280, ago. 2013.

ATKINS, Peter William; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AVILES, Ivana Elena Camejo; GALEMBECK, Eduardo. Que é aprendizagem? Como ela acontece? Como facilitá-la? Um olhar das teorias de aprendizagem significativa de David Ausubel e aprendizagem multimídia de Richard mayer. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 7, n. 3, p.1-19, 2017.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BAILER, C.; TOMITCH, L. M. B.; D'ELY, R.C.S.F. O planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. **Revista intercâmbio**, v. 24, p. 129-146, 2011.

BARATIERI, Stela Mari; BASSO, Nara Regina de Souza; BORGES, Regina Maria Rabello; FILHO, João Bernardes da Rocha. Opinião dos estudantes sobre a experimentação em química no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p.19-31. 2008.

BARRETO, Barbara S.J.; BATISTA, Carlos H.; CRUZ, Maria Clara P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 39, n. 1, p.52-58, fev. 2017.

BOCCHI, Nerilso.; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, maio de 2000.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BOFF, Eva Teresinha de Oliveira; FRISON, Marli Dallagnol. Explorando a existência de cargas elétricas na matéria. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 3, p.11-14, maio 1996.

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em:

<[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/caracteristicas\\_da\\_populacao\\_tab\\_municipios\\_zip\\_xls.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/caracteristicas_da_populacao_tab_municipios_zip_xls.shtm)>. Acesso em 03 de dezembro de 2017.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências da natureza, matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

CAMEL, Neusa J. C.; PACCA, Jesuína L. A. As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha. In: **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas, 2004.

CAMEL, Neusa J. C.; PACCA, Jesuína L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p.7-26, abr. 2011.

CARVALHO, Nilmara B.; JUSTI, Rosária S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, 24 extra. 2005.

CARMO, Miriam P.; MARCONDES, Maria E. R. Abordando soluções em sala de aula – uma experiência de Ensino a partir das idéias dos Alunos. **Química Nova na Escola**, n. 28, p.37- 41, maio 2008.

CASSIANO, Karla F. D.; MESQUITA, Nyuara A. da S.; RIBEIRO, Pabline G. Conhecimento pedagógico e conhecimento químico na formação de professores: uma construção da identidade docente. **Química Nova**. v.39, n.2, p.250-259, 2016.

CATELAN, Senilde Solange; RINALDI, Carlos. A atividade experimental no ensino de ciências naturais: contribuições e contrapontos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p.306-320, 2018.

CLARO, Daniela Barreiro; SOBRAL, João Bosco Manguieira. **Programação em JAVA**. Florianópolis: Ed. Pearson Education, 2008.

CONCEIÇÃO, Luis; VALADARES, Jorge. Mapas Conceptuais Progressivos como suporte de uma Estratégia Construtivista de Aprendizagem de Conceitos Mecânicos por Alunos do 9º ano de escolaridade – Que Resultados e Que Atitudes? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n.2, 2002.

COSTA, Rodrigo Garrett da; PASSERINO, Liliana Maria; ZARO, Milton Antônio. Fundamentos teóricos do processo de formação de conceitos e suas implicações para o ensino e aprendizagem de química. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 1, p.271-281, abr. 2012.

COUTO, Otoniel do Amaral Alves do. **As pilhas secas — uma abordagem inovadora para o ensino médio**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

DAMIANI, Magda Floriana; ROCHEFORT, Renato Siqueira; CASTRO, Rafael Fonseca de; DARIZ, Marion Rodrigues; PINHEIRO, Silvia Siqueira. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, n. 45, p.57-67, jul. 2013.

ECHEVERRÍA, Agustina Rosa. Como os estudantes concebem a formação das soluções. **Química Nova na Escola**, v. 3, p.15-18, maio 1996.

FACCIN, Franciele; GARCIA, Isabel Krey. Proposta de uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre temperatura. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 7, n. 2, p.18-28, 2017.

FARAUM JUNIOR, David Pereira; CIRINO, Marcelo Maia. A utilização das tic no ensino de química durante a formação inicial. **Revista Debates em Ensino de Química**, [s.l.], v. 2, n. 2, p.102-113, out. 2016.

FRAGAL, Vanessa Hafemann; MAEDA, Silvia Mara; PALMA, Elisangela Pacheco da; BUZATTO, Maria Bernadete Pimenta; RODRIGUES, Maria Aparecida; SILVA, Expedito Leite. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.216-222, nov. 2011.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto; DOCHI, Roberto Seiji. Um experimento simples envolvendo óxido-redução e diferença de pressão com materiais do dia-a-dia. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 23, p.49-51, maio 2006.

FRANÇA, Angella C. G.; MARCONDES, Maurice E. R.; CARMO, Miriam P. do. Estrutura atômica e formação de íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 275-282, 2009.

FERNANDEZ, Carmen; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, v. 24, p.20-24, nov. 2006.

FREITAS FILHO, João Rufino de; FREITAS, Ladjane Pereira da Silva Rufino de; FREITAS, Juliano Carlo Rufino de; TAVARES, Artur Felipe Azevedo de Lima. Mapas conceituais: utilização no processo de avaliação da aprendizagem do conteúdo haletos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p.78-96, 2013.

GIBIN, Gustavo Bizarria; FERREIRA, Luiz Henrique. Avaliação dos Estudantes sobre o Uso de Imagens como Recurso Auxiliar no Ensino de Conceitos Químicos. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 35, n. 1, p.19-26, fev. 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 206 p.

GIORDAN, Marcelo. Análise e Reflexões sobre os Artigos de Educação em Química e Multimídia Publicados entre 2005 e 2014. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.154-160, dez. 2015.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.198-202, ago. 2009.

HIOKA, Noboru; MAIONCHI, Florângela; RUBIO, Danil Agar Rocha; GOTO, Patrícia Akemi; FERREIRA, Odair Pastor. Experimentos sobre Pilhas e a Composição dos Solos. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 8, p.36-38, nov. 1998.

HIOKA, Noboru; SANTIN FILHO, Ourides; MENEZES, Aparecido Junior de; YONEHARA, Fernando Seiji; BERGAMASKI, Kleber; PEREIRA, Robson Valentim. Pilhas de Cu/Mg: Construídas com materiais de fácil obtenção. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 11, p.40-44, maio 2000.

JOHNSTONE, Alex. H. Chemical education research: where from here? **University Chemistry Education**, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

- KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papyrus, 2012. 141 p.
- KLEIN, Sabrina G.; BRAIBANTE, Mara E. F. Reações de oxi-redução e suas diferentes abordagens. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 39, n. 1, p.35-45, fev. 2017.
- LARA, Anna Elisa de; SOUSA, Célia Maria Soares Gomes de. O processo de construção e de uso de um material potencialmente significativo visando à aprendizagem significativa em tópicos de colisões: apresentações de slides e um ambiente virtual de aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p.61-82, 2009.
- LEITE, Bruno S. **Tecnologias no ensino de química: Teoria e Prática na formação docente**. Curitiba: Appris, 2015. 365 p.
- LEITE, Bruno S. Aprendizagem tecnológica ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p.580-609, dez. 2018.
- LEITE, I. S.; LOURENÇO, A. B.; HERNANDES, A. C. O uso de mapas conceituais para avaliar a mudança conceitual de alunos do ensino médio sobre o tema corrente elétrica: um estudo de caso. **Latin-american Journal Of Physics Education**, Ciudad de México, v. 5, n. 3, p.570-586, set. 2011.
- LEMOS, Evelyse dos Santos. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p.25-35, 2011.
- LEONEL, André Ary; ROSA, Selma dos Santos; ROSA, Valdir. Tecnologias digitais de informação e comunicação: contribuições de práticas pedagógicas para o ensino de cnmt. **Revista Metáfora Educacional**, Feira de Santana, n. 21, p. 3-23, dez. 2016.
- LIMA, Viviani Alves de. **Atividades experimentais no ensino médio - reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica**. 2004. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Ensino de Ciência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LIMA, V. Alves. de.; MARCONDES, Maria. Eunice Ribeiro. Atividades experimentais no ensino de química: reflexões de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, 2005 Número extra. VII Congresso.
- LIMA, José Ossian Gadelha de; ALVES, Idarlene Marcelino Rodrigues. Aulas experimentais para um Ensino de Química mais satisfatório. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p.425-447, abr. 2016.
- LISBÔA, Julio Cezar Foschini. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.198-202, dez. 2015.
- LOCATELLI, Solange W.; ARROIO, Agnaldo. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro - repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra, p. 4239-4244, 2017.
- MACHADO, Adriano Silveira. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.104-111, maio 2016.
- MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SOUZA, Fabio Luiz de; AKAHOSHI, Luciane Hiromi. Conteúdos de eletroquímica e focos de ensino evidenciados por professores de química do ensino médio. In: X congresso internacional sobre investigación en didáctica

de las ciencias, 5., 2017, Sevilla. **Anais do X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**. Sevilla: [s.n.], 2017. p. 5673 - 5678.

MARTÍNEZ, Leonardo. F. P. **A pesquisa qualitativa crítica**. In: Questões sociocientíficas na prática docente: Ideologia, autonomia e formação de professores [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2012, pp. 138- 152.

MASINI, Elcie F. Salzano. Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p.16-24, 2011.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Educação (SED). Resolução SED/MS n° 2.491, de 8 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o Projeto de implementação das Salas de Tecnologias Educacionais (STEs) e a utilização das diversas tecnologias midiáticas nas unidades escolares da rede estadual de ensino, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 9 dez. 2011. n. 8085, p. 14.

MATO GROSSO DO SUL. Secretária de Educação (SED). Referencial curricular 2012 Ensino Médio. Campo Grande: Secretária de Estado de Educação de MS, 2012. 266p.

MELO, Elianne Jovino de; POLETTO, Bruno de Oliveira; SANTOS, Reudes Dias dos; BRONDANI, Filomena Maria Minetto. Proposta metodológica para o ensino de eletroquímica no ensino médio. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.111-125, dez. 2016.

MÓL, Gerson de Souza. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 5, n. 9, p.495-513, 2017.

MOREIRA, Marco Antônio.; MASINI, Elcie. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Moraes. 1982.

MOREIRA, Marco Antônio; ROSA, Paulo. Mapas Conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 3, n. 1, p.17-25, abr. 1986.

MOREIRA, Marco Antônio. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 7, n. 40, p.43-54, 1988.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. In: II Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Burgos, Espanha. **Anais do II Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, 1997.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, A. M. **Teorias de Aprendizagem**. EPU: São Paulo, 1999. 151-165p.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Universidade de Brasília, 2006a.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: UFRGS. 2006b.

MOREIRA, Marco Antonio. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p.43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal Aprendizagem Significativa? O texto em português foi elaborado para a aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Publicado em espanhol: **Revista Currículum**, n. 25, p. 29-56, mar. 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24\\_n6\\_moreira\\_.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2018.

MOREIRA, Marco A.; MASSONI, Neusa T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2015. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf\\_v26\\_n6.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v26_n6.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2018.

MORENO, Esteban Lopez; HEIDELMANN, Stephany Petronilho. Recursos Instrucionais Inovadores para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 39, n. 1, p.12-18, 2017.

MOSSI, C. S.; VINHOLI-JUNIOR, A. J.; CHAGAS, E. O uso das TDICs como recurso para o ensino de conceitos em eletroquímica. In: **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2017.

NASCIMENTO, Lucy Mirian Campos Tavares; FRENEDOZO, Rita de Cássia; SCHIMIGUEL, Juliano. Uso das TICs em uma experiência didática para o aprendizado significativo. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 7, n. 2, p.29-46, 2017.

NERY, Ana Luíza P.; LIEGEL, Rodrigo M.; FERNANDEZ, Carmen. Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 6, n. 3, p.587-600, 2007.

NOGUEIRA, Keysy S. C.; GOES, Luciane Fernandes de; FERNANDEZ, Carmen. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.410-437, 2017.

NOVAK, Joseph. D.; GOWIN, D. B. **Aprendendo a aprender**. Lisboa: Plátano/Edições Técnicas. 1984.

NOVAK, Joseph D. **Aprender criar e utilizar o conhecimento: Mapas Conceptuais como Ferramentas de Facilitação nas Escolas e Empresas**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

OLIVEIRA, Luiz Antônio Andrade de; VALLE, Gisele Gomes; ZANLUQUI, Luís André. Construção de pilhas elétricas simples: Um experimento integrado de química e física. **Eclética Química**, São Paulo, v. 26, p. 235-244, 2001.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p.139-153, jun. 2010.

OLIVEIRA, Bruna Carolina Machado de; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. Mapas conceituais como estratégia para desenvolver a competência leitora no ensino de química. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 4, n. 3, p.11-25, 2014.

- PACCA, Jesuína L. A.; FUKUI, Ana; BUENO, Maria Christina F.; COSTA, Regina Helena P.; VALÉRIO, Rosa M.; MANCINI, Sueli. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p.151-167, ago. 2003.
- PAIVA, João Carlos; COSTA, Luiza Alves da. Roteiros de Exploração: valorização pedagógica de softwares educativos de Química. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, Lisboa, v. 96, n. 2, p.64-66, mar. 2005.
- PALMA, Maria Helena Cunha; TIERA, Vera Aparecida de Oliveira. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 18, p.52-54, nov. 2003.
- PAULA, Adriana Chilante; VERGARA, Luisa; LUZ, Renata M. da; VIALI, Lorí; LAHM, Regis. Softwares educacionais para o ensino de física, química e biologia. **Revistas Ciências e Ideias**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p.106-121, abr. 2014.
- PAULETTI, Fabiana; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.121-134, dez. 2014.
- PAULETTI, Fabiana; MENDES, Michel; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. Ensino de química mediado por tecnologias digitais: o que pensam os professores brasileiros? **Interações**, [s.l.], v. 44, p.144-167, 2017.
- PAULETTI, Fabiana; CATELLI, Francisco. Um estudo de caso: programas computacionais mediando o ensino de isomeria geométrica. **Revista Brasileira Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p.250-269, jan. 2018.
- PAVANELLI-ZUBLER, Éliidi Preciliana; JESUS, Dánie Marcelo de. As TDIC e seus usos no espaço das escolas públicas: o que dizem os professores? **Calidoscópico**, v. 14, n. 3, p.448-457, set. 2016.
- PEÑA, Antônio Ontoria. **Mapas conceituais uma técnica para aprender**. São Paulo: Edições Loyola, 2005. 238 p.
- PREDIGER, Nathalia de Campos; ROSA, Cleci T. Werner da; DARROZ, Luiz Marcelo. Mapas conceituais: o que dizem os periódicos on-line. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 23, n. 9, p.1-13, dez. 2017.
- REIS, Rafaela da Silva; LEITE, Bruno Silva; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. Propriação das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da última década (2007-2016). **Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 2, p.1-10, dez. 2017.
- ROLANDO, Luiz Gustavo R.; VASCONCELLOS, Roberta Flávia R. R.; MORENO, Esteban L.; SALVADOR, Daniel Fábio; LUZ, Maurício Roberto M. P. da Integração entre Internet e Prática Docente de Química. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p.864-879, 2015.
- ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRG, 2008. p. 195-208.
- RUBINGER, M. M. M.; BRAATHEN, P. C. **Ação e Reação: Ideias para aulas especiais de química**. 1 ed. 2012. v. 1. 292p.

SANJUAN, Maria Eugênia Cavalcante; SANTOS, Cláudia Viana dos; MAIA, Juliana de Oliveira; SILVA, Aparecida Fátima Andrade da; WARTHA, Edson José. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.190-197, ago. 2009.

SANTOS JUNIOR, João Batista; FILHO, Edemar Benedetti; CAVAGIS, Alexandre Donizeti Martins; ANUNCIACÃO, Eduardo Almeida. Um estudo comparativo entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.312-330. 2016.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza. **Química Cidadã**. São Paulo: AJS, 2016.

SANTOS, Gesinaldo; RESENDE, Luis Mauricio Martins de. O Desafio Metodológico no uso de Novas Tecnologias: Um estudo em uma Instituição de Ensino da cidade de Itararé-SP. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 6, p.1-12, jul. 2014.

SARTORI, Elen R.; SANTOS, Vagner B. dos; TRENCH, Aline B.; FATIBELLO-FILHO, Orlando. Construção de Uma Célula Eletrolítica para o Ensino de Eletrólise a Partir de Materiais de Baixo Custo. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.107-111, maio 2013.

SEIXAS, Rita Helena Moreira; CALABRÓ, Luciana; SOUSA, Diogo Onofre. A formação de professores e os desafios de ensinar Ciências. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p.289-303, 2017.

SILVA, Maria Rosana Evaristo da; CINTRA, Elaine Pavini. Experimentação e simulações: contribuições para o ensino e aprendizagem das reações redox. In: Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, 2013, Girona. **Anais do Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**. p. 1153 - 1159.

SILVA, O. Santana da; MARIA, M. Aparecida. Dimensões da prática pedagógica do professor de Química. *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, **Enseñanza de las Ciencias**, 2009 Número extra. VIII Congreso.

SILVA, Roberta Maria da; SILVA, Renato César da; AQUINO, Kátia Aparecida da Silva. Estudo da eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais. **Aprendizagem Significativa em Revista**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.45-56, 2014.

SIQUEIRA, Francielle; SANTIN FILHO, Ourides; CIRINO, Marcelo Maia. Utilização e avaliação de software educacional para ensino de equilíbrio químico. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p.88-105, abr. 2018.

SOUZA, Célia Maria Soares Gomes de; MOREIRA, Marco Antônio. Pseudo-Organizadores Prévios como Elementos Facilitadores da Aprendizagem em Física. **Revista Brasileira de Física**, v. 11, n. 1, p.303-315, 1981.

SOUZA, Elizabeth Teixeira de; SOUZA, Cristiane Aragão de; MAINIER, Fernando Benedicto. Corrosão de metais por produtos de limpeza. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 26, p.44-46, nov. 2007.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p.72-85, dez. 2007.

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. **Química Nova na Escola**. v.34, n. 2, p. 83-91, 2012.

VALADARES, Jorge. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p.36-57, 2011.

VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M. A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; ACEVEDO-POMERO, P. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 34-50. 2008.

VINHOLI JÚNIOR, Airton José; GOBARA, Shirley Takeco. A construção de conceitos sobre a estrutura e a fisiologia celular por meio de mapeamento conceitual. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 19, n. 6, p.1032-1052, dez. 2017.

WARTHA, Edson José; GUZZI FILHO, Neurivaldo José de; JESUS, Raildo Mota de. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, v. 23, n. 1, p.55-61, jan. 2012.

WESENDONK, Fernanda Sauzem; PRADO, Letícia do. Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.54-80. 2015.

YANO, Elizabeth Omezo; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. Mapas conceituais como ferramenta facilitadora na compreensão e interpretação de textos de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 3, p.76-86, 2011.

## APÊNDICE A – Autorização Institucional



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS



**AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL**

Solicito autorização para realizar a pesquisa intitulada “O USO DAS TDICS E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ELETROQUÍMICA”, com alunos dos do 2º ano B e C do Ensino Médio por dois meses sob a responsabilidade da pesquisadora **Caroline Silverio Mossi** do curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências.

A pesquisa tem como objetivo investigar as contribuições da realização de uma Sequência Didática auxiliada pelas TDICs e por atividades experimentais para a aprendizagem significativa de conceitos de Eletroquímica.

As intervenções desta pesquisa acontecerão durante o período de aula dos alunos. No primeiro momento, será aplicado o pré-teste que pretende averiguar os conhecimentos que os alunos possuem sobre Eletroquímica, mais especificamente tratando das Pilhas e Baterias. Posteriormente, os alunos responderão o questionário inicial, com a finalidade de elucidar os seus conhecimentos prévios em relação a alguns assuntos pertinentes a química geral, e que podem servir para aprendizagem dos novos conhecimentos que se direcionarás ao estudo dos conceitos eletroquímicos. No segundo momento, ocorrerão as aulas que utilizam as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e atividade experimental, além da construção de mapas conceituais sobre alguns aspectos da disciplina de química. A abordagem metodológica desta Sequência Didática é fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Os benefícios desta pesquisa serão expostos à comunidade escolar através de banners, além de pretendermos disponibilizar nossa Sequência Didática no portal Protagonismo Juvenil que consiste em uma plataforma de busca de recursos digitais de aprendizagem para professores e estudantes da rede estadual de ensino de MS.

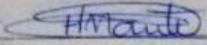
Para perguntas e problemas referentes ao desenvolvimento da pesquisa, a escola pode contatar a pesquisadora Caroline Silverio Mossi pelo telefone (67) 99911-2838, ou pelo e-mail: carolsmossi@gmail.com.

Em relação a perguntas adicionais sobre os direitos dos participante no estudo, o (a) senhor (a) pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (67) 33457187. Informo que a pesquisa só será realizada mediante a aprovação do Comitê de Ética em Seres Humanos da UFMS, com parecer substanciado de aprovação.

Atenciosamente

Campo Grande / MS, 02 de outubro de 2017.

Ciente / Autorizo



Cira Clair Horing Nantes  
Res. 1ª SED N. 02, de 05/01/2016  
Diretora

## **APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada “O USO DAS TDICS E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ELETROQUÍMICA” desenvolvida pela professora e pesquisadora Caroline Silverio Mossi.

A pesquisa tem como objetivo investigar as contribuições da realização de uma Sequência Didática auxiliada pelas TDICs e por atividades experimentais para a aprendizagem significativa de conceitos de Eletroquímica.

As intervenções desta pesquisa acontecerão durante o período de aula. No primeiro momento, será aplicado o pré-teste que pretende averiguar os seus conhecimentos sobre eletroquímica, mais especificamente tratando das Pilhas e Baterias. Posteriormente, você responderá o questionário inicial, com a finalidade de elucidar os seus conhecimentos prévios em relação a alguns assuntos pertinentes a química geral, e que podem servir para aprendizagem dos novos conhecimentos que se direcionarás ao estudo dos conceitos eletroquímicos. No segundo momento, ocorrerão as aulas que utilizam as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e atividade experimental, além da construção de mapas conceituais sobre alguns aspectos da disciplina de química. A abordagem metodológica desta Sequência Didática é fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Sabe-se que o uso das TDICs e atividades experimentais são recursos que podem facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos. Assim, você poderá se beneficiar pela oportunidade de estudar o conteúdo de eletroquímica a partir de uma estratégia diferenciada das tradicionais formas de ensino, cuidadosamente desenvolvidas para esse fim.

Não haverá nenhum prejuízo, risco ou eventos adversos que podem acontecer em sua participação nesse estudo. Assumimos o compromisso de garantir a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas por você. Assim, os seus dados de identificação serão omitidos na divulgação dos resultados da pesquisa, sendo garantido o sigilo dos nomes dos participantes. Além disso, os dados utilizados na escrita dos resultados (respostas, diálogos) serão armazenados em local seguro.

Em caso de dúvidas, entre em contato com a pesquisadora Caroline Silverio Mossi pelo telefone (67) 99911-2838, e-mail: carolsmossi@gmail.com.

Para perguntas sobre os direitos do aluno como participante desse estudo poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (67) 33457187.

A participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e você tem plena autonomia para decidir se irá ou não participar. Caso no decorrer da pesquisa você queira desistir, poderá solicitar a pesquisadora para retirar e eliminar os dados

(atividades, diálogos) pertinentes a sua pessoa. Você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito. Você não será proibido de participar de novos estudos. Ademais, ressaltamos que se o mesmo autorizar a participar e não colaborar e/ou se recusar a cumprir os procedimentos previstos poderá ser convidado a sair deste estudo. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

**Autorizo a publicação dos resultados obtidos em revistas científicas com a condição de que a minha identidade seja mantida em sigilo.**

( ) Sim. ( ) Não.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do voluntário \_\_\_\_\_

Fone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Nome do responsável \_\_\_\_\_

(Caso o voluntário seja menor de idade)

Campo Grande – MS, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável pelo aluno

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

## **APÊNDICE C – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.**

### **TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada “O USO DAS TDICS E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ELETROQUÍMICA” desenvolvida pela professora e pesquisadora Caroline Silverio Mossi. .

A pesquisa tem como objetivo investigar as contribuições da realização de uma Sequência Didática auxiliada pelas TDICs e por atividades experimentais para a aprendizagem significativa de conceitos de Eletroquímica.

As intervenções desta pesquisa acontecerão durante o período de aula. No primeiro momento, será aplicado o pré-teste que pretende averiguar os seus conhecimentos sobre Eletroquímica, mais especificamente tratando das Pilhas e Baterias. Posteriormente, você responderá o questionário inicial, com a finalidade de elucidar os seus conhecimentos prévios em relação a alguns assuntos pertinentes a química geral, e que podem servir para aprendizagem dos novos conhecimentos que se direcionarás ao estudo dos conceitos eletroquímicos. No segundo momento, ocorrerão as aulas que utilizam as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) e atividade experimental, além da construção de mapas conceituais sobre alguns aspectos da disciplina de química. A abordagem metodológica desta Sequência Didática é fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Sabe-se que o uso das TDICs e atividades experimentais são recursos que podem facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos. Assim, você poderá se beneficiar pela oportunidade de estudar o conteúdo de eletroquímica a partir de uma estratégia diferenciada das tradicionais formas de ensino, cuidadosamente desenvolvidas para esse fim.

Não haverá nenhum prejuízo, risco ou eventos adversos que podem acontecer em sua participação nesse estudo. Assumimos o compromisso de garantir a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas por você. Assim, os seus dados de identificação serão omitidos na divulgação dos resultados da pesquisa, sendo garantido o sigilo dos nomes dos participantes. Além disso, os dados utilizados na escrita dos resultados (respostas, diálogos) serão armazenados em local seguro.

Em caso de dúvidas, entre em contato com a pesquisadora Caroline Silverio Mossi pelo telefone (67) 99911-2838, e-mail: carolsmossi@gmail.com.

Para perguntas sobre os direitos do aluno como participante desse estudo poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (67) 33457187.

A participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e você tem plena autonomia para decidir se irá ou não participar. Caso no decorrer da pesquisa você queira desistir, poderá solicitar a pesquisadora para retirar e eliminar os dados (atividades, diálogos) pertinentes a sua pessoa. Você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito. Você não será proibido de participar de novos estudos. Ademais, ressaltamos que se o mesmo autorizar a participar e não colaborar e/ou se recusar a cumprir os procedimentos previstos poderá ser convidado a sair deste estudo. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

**Autorizo a publicação dos resultados obtidos em revistas científicas com a condição de que a minha identidade seja mantida em sigilo.**

Sim.  Não.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do voluntário \_\_\_\_\_

Fone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

Campo Grande – MS, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do voluntário

## APÊNDICE D – Questionário Inicial

Prezado (a) estudante

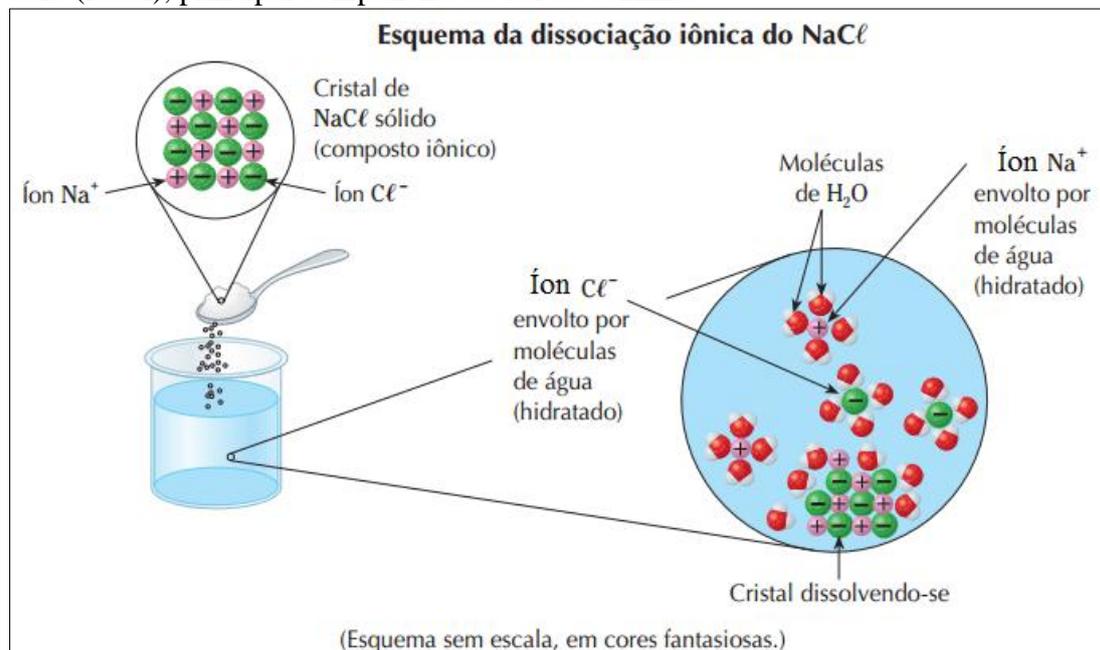
Estamos propondo algumas questões que envolvem o seu conhecimento prévio (inicial) em relação alguns conteúdos da disciplina de química. A sua participação é fundamental para a pesquisa que estamos desenvolvendo, onde buscamos aprimorar o Ensino de Química. Por meio de suas respostas, iremos elaborar uma estratégia didática visando promover uma aprendizagem que seja significativa para o conteúdo de eletroquímica. Assim, é necessário que você seja bastante sincero (a) e faça de acordo com os seus conhecimentos. Não utilize conhecimento de outro (a) colega na realização da atividade. Não haverá nenhum tipo de prejuízo caso você não saiba ou faça errado. Trata-se apenas de uma análise prévia e muito importante para esta pesquisa.

### Questões

1) Das alternativas apresentadas abaixo, qual melhor caracteriza o processo de corrente elétrica?

- a) a corrente elétrica consiste no deslocamento de cargas elétricas dentro de um isolante.
- b) a corrente elétrica caracteriza-se pelo deslocamento de cargas elétricas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial entre os polos.
- c) a corrente elétrica caracteriza-se pelo deslocamento de cargas negativas dentro de um isolante, quando existe uma diferença de potencial entre os polos.
- d) a corrente elétrica caracteriza-se somente pelo deslocamento de cargas elétricas dentro de um condutor, mas não depende de uma diferença de potencial entre os polos.
- e) a corrente elétrica caracteriza-se pelo deslocamento de cargas dentro de um isolante e não depende de uma diferença de potencial entre os polos.

2) Observe a seguir um modelo para representar a dissociação iônica do Cloreto de Sódio ( $\text{NaCl}$ ), principal componente do sal de cozinha.



Dissociação iônica do cloreto de sódio em água.

Fonte: Peruzzo e Canto (2006).

O NaCl, quando dissociado em água, resulta em uma solução condutora de corrente elétrica. Esse tipo de solução é denominada:

- a) solução concentrada.
- b) solução eletrolítica.
- c) solução heterogênea
- d) solução saturada.
- e) solução insaturada.

3) Observando a imagem da questão anterior, responda:

a) Como você descreveria o processo de dissociação iônica?

---

---

b) Por que o cloreto de sódio dissolvido em água conduz corrente elétrica e quando sólido não conduz corrente elétrica?

---

---

c) Identifique o cátion e o ânion resultante da dissociação iônica.

---

---

d) Qual tipo de ligação química ocorre no cloreto de sódio (NaCl)? Explique.

---

---

e) Se aumentar a concentração de cloreto de sódio, o que ocorrerá com a condutividade elétrica da solução? Explique.

---

---

4) Por que a água destilada (pura) não conduz corrente elétrica e a água potável (torneira) conduz?

---

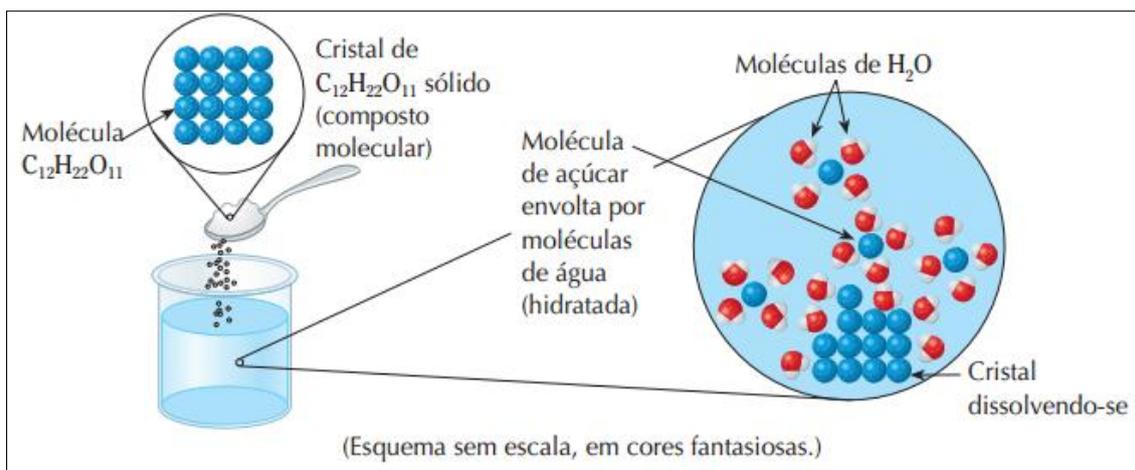
---

5) "Num fio de cobre a condução da corrente elétrica envolve   x   em movimento; numa solução aquosa de sal de cozinha (NaCl) a condução da corrente elétrica se faz por meio de   y   livres".

Para completar corretamente a afirmação formulada, **x** e **y** devem ser substituídos, respectivamente, por:

- a) átomos e radicais.
- b) prótons e elétrons.
- c) elétrons e íons.
- d) átomos e moléculas.
- e) prótons e íons.

6) Observe a seguir um modelo para representar a dissolução da sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) em água. A sacarose é conhecida como açúcar de mesa.



Dissolução do açúcar em água.

Fonte: PERUZZO e CANTO (2006).

a) A dissolução da molécula de sacarose em água resulta em uma solução eletrolítica ou não-eletrolítica? Explique.

---

b) Ocorre o processo de dissociação iônica ao dissolver a sacarose em água? Explique.

---

c) Qual tipo de ligação química acontece na sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )? Explique.

---

7) O ácido clorídrico (HCl) é usado em laboratório, em indústrias, na forma impura em produtos de limpeza de pisos com o nome de ácido muriático e é um dos componentes do suco gástrico do estômago.

Observe a ionização da molécula de HCl, em água que pode ser assim equacionada:



a) Como você descreveria o processo de ionização?

---

b) Qual tipo de ligação química ocorre no ácido clorídrico (HCl)? Explique.

---

c) A ionização do HCl resulta em uma solução eletrolítica ou não-eletrolítica? Explique.

---

d) De acordo com a equação, identifique o cátion e o ânion resultante da ionização do HCl.

---

## APÊNDICE E – Pré-teste

Prezado (a) estudante

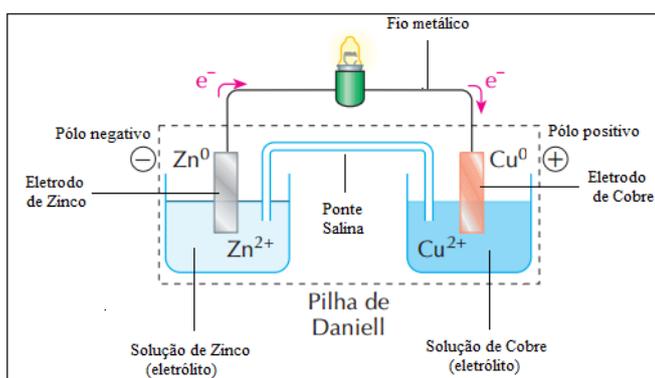
Estamos propondo algumas questões que envolvem o seu conhecimento prévio (inicial) sobre o conteúdo de eletroquímica, mais especificamente ao assunto de Pilhas e Baterias. A sua participação é fundamental para a pesquisa que estamos desenvolvendo, onde buscamos aprimorar o Ensino de Química. Por meio de suas respostas, iremos elaborar uma estratégia didática visando promover uma aprendizagem que seja significativa para o conteúdo de eletroquímica.

Assim, é necessário que você seja bastante sincero e faça de acordo com os seus conhecimentos. Não utilize conhecimento de outro (a) colega na realização da atividade. Não haverá nenhum tipo de prejuízo caso você não saiba ou faça errado. Trata-se apenas de uma análise prévia e muito importante para esta pesquisa.

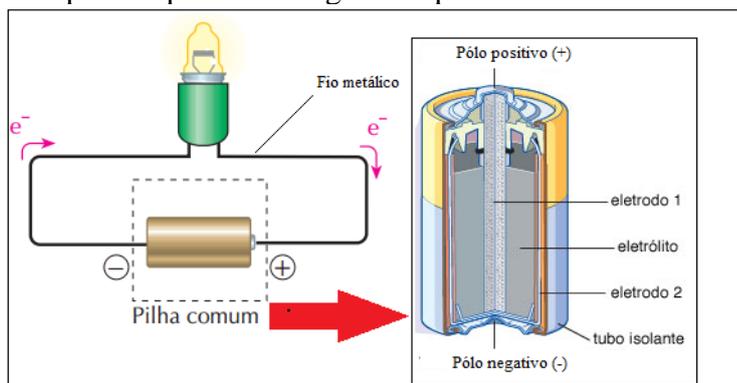
### Questões

- 1) A Eletroquímica é um ramo da química que estuda:
  - a) As trocas de energia, na forma de calor, envolvidas nas reações químicas.
  - b) A relação entre a corrente elétrica e as reações químicas de transferência de elétrons.
  - c) A velocidade das reações químicas e as formas de controlá-las.
  - d) As soluções eletrolíticas.
  - e) As reações reversíveis e irreversíveis.

2) A Pilha de Daniell foi elaborada em 1836 pelo químico britânico John Daniell. Com o avanço da telegrafia (processo de transmissão de mensagens e textos escritos a grandes distâncias por meio de um código de sinais, através do telégrafo), existia a necessidade urgente de uma fonte de corrente elétrica que fosse confiável e estável. Este aparelho construído por Daniell se compõe como o princípio de funcionamento das Pilhas comuns que usamos em nosso dia a dia, assim todas as Pilhas que são constituídas por metais e soluções dos seus respectivos sais são denominadas Pilhas de Daniell. Utilize as imagens das Pilhas abaixo para responder as seguintes questões.



SISTEMA 1



SISTEMA 2

- a) Quais são as transformações de energia que ocorrem no interior de uma Pilha, quando em funcionamento?

---

---

b) Como ocorre o processo de condução de corrente elétrica em uma Pilha?

---

---

c) Porque a lâmpada ligou nas Pilhas representadas nas imagens?

---

---

3) Você coloca uma Pilha em sua lanterna, mas em seu carro você coloca uma Bateria. Qual a diferença entre Pilhas e Baterias?

---

---

4) Por que existem vários tamanhos e modelos de Pilha?

---

---

5) As Pilhas se esgotam em um determinado período de tempo. Por que as Pilhas deixam de funcionar?

---

---

6) Pilhas e Baterias usadas costumam ser descartadas no lixo comum e acabam sendo destinadas aos aterros sanitários/lixões. Em sua opinião, esse método de descarte é correto? Justifique sua resposta.

---

---

7) O que significa os polos positivo (+) e negativo (-) que aparecem nas Pilhas? No que esses polos influenciam no funcionamento das Pilhas?

---

---

8) Por que algumas Pilhas recebem a denominação de Pilhas alcalinas?

---

---

9) Por que algumas Pilhas recebem a denominação de Pilhas secas?

---

---

10) Por que as Pilhas alcalinas são mais duráveis que as Pilhas secas?

---

---

11) Por que algumas Pilhas apresentam vazamento de suas substâncias?

---

---

## APÊNDICE F – Pós-teste

1) A relação entre a corrente elétrica e as reações químicas de transferência de elétrons é estudada em qual conteúdo da química?

- a) soluções
- b) atomística
- c) substância e mistura
- d) eletricidade
- e) eletroquímica

2) Observe a imagem abaixo e responda as questões:

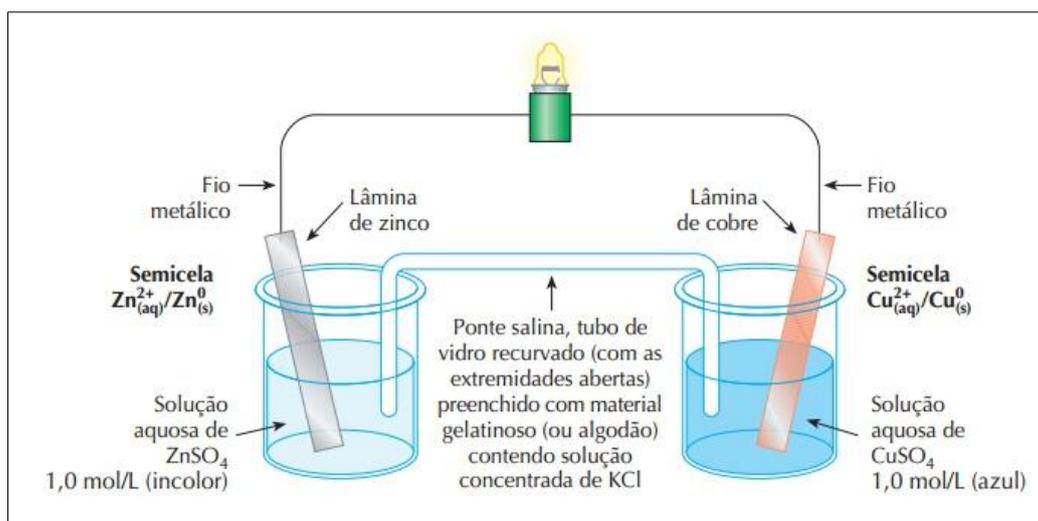


Figura 1: Pilha de Daniell.

a) Depois de seu estudo sobre Eletroquímica, escreva tudo que você sabe sobre o funcionamento de uma pilha.

---

b) Qual(is) forma(s) de condução de corrente elétrica pode ocorrer na pilha?

---

c) Explique o que é necessário para ligar a lâmpada representada na pilha?

---

d) Qual nome recebe o polo negativo e o polo positivo da pilha? Justifique sua resposta, apontando quais processos eletroquímicos (ex: oxidação/redução, movimento dos íons no interior da pilha) influenciam na denominação desses polos.

---

3) Apresente seus conhecimentos sobre o assunto e cite exemplos de utilização de pilhas e baterias em objetos que você conheça.

---

4) Por que existem tantas pilhas diferentes no mercado? Aponte características que diferencia os tipos de pilhas.

---

---

5) Com o uso do multímetro, verifica-se que durante o funcionamento da pilha a sua voltagem diminui. Depois de algum tempo, a voltagem da pilha fica igual a zero e nesse momento deixa de funcionar. Indique quais são as razões para que isso aconteça com a pilha?

---

---

6) Por que pilhas não devem ser descartadas indiscriminadamente junto com o lixo doméstico?

---

---

7) Em relação ao eletrólito, como você diferencia uma pilha alcalina de outra comum?

---

---

8) O que você entende por pilha seca? O tipo de eletrólito está relacionado a essa denominação de pilha? Justifique.

---

---

9) Qual pilha tem maior durabilidade – secas ou alcalinas? Justifique sua resposta.

---

---

10) Por que recomenda-se retirar as pilhas dos aparelhos em que estão armazenadas, quando não estão em uso? Justifique a resposta do ponto de vista eletroquímico.

---

---

**APÊNDICE G** – Prova aplicada pela professora (Avaliação tradicional).

1) Observe na tabela os resultados dos testes de condutividade elétrica realizados com a sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), conhecida como açúcar de mesa e com o cloreto de sódio (NaCl), conhecido como sal de cozinha.

Substância	Condução de corrente elétrica	
	Sólido	Solução aquosa
Sacarose	Isolante	Isolante
Cloreto de Sódio	Isolante	Condutor

a) Descreva como ocorre a condução de corrente elétrica na solução de cloreto de sódio.

---

---

b) Por que o cloreto de sódio não conduz corrente elétrica no estado sólido?

---

---

c) A solução de açúcar é considerada uma solução eletrolítica? Explique.

---

---

2) A água potável (torneira) é um composto que possui uma diversidade de substâncias dissolvidas. Será que os tipos de substâncias que estão dissolvidas na água afetam a sua condutividade elétrica? Explique.

---

---

3) Julgue os itens a seguir como verdadeiros ou falsos:

( ) Algumas substâncias moleculares quando dissolvidas em água, por meio do processo de ionização podem formar soluções eletrolíticas.

( ) A corrente elétrica consiste no movimento ordenado de cargas elétricas, através de um condutor elétrico.

( ) O ácido clorídrico (HCl) em solução aquosa não conduz eletricidade porque é uma substância molecular.

( ) A separação dos íons do retículo cristalino que ocorre quando um composto iônico se dissolve em água chama-se ionização.

4) A professora de Química levou ao laboratório três Materiais (A, B e C) para serem analisados por seus alunos. Eles observaram uma das propriedades dos materiais que é a condutividade elétrica e apresentaram os resultados, conforme descrito na tabela abaixo.

Materiais	Condutividade elétrica
A	Condutor em meio aquoso
B	Não condutor em meio aquoso
C	Condutor no estado sólido

Com base nesses resultados, é correto afirmar que as ligações químicas predominantes nos sólidos A, B e C são, respectivamente:

- a) iônicas, covalentes e metálicas.
- b) iônicas, metálicas e covalentes.
- c) covalentes, iônicas e metálicas.
- d) covalentes, covalentes e iônicas.
- e) iônicas, iônicas e metálicas.

5) O cobre metálico é bastante utilizado na confecção de fios condutores de eletricidade. Baseado na propriedade de condutividade elétrica dos metais pode-se afirmar a respeito do fio de cobre, que:

- a) é constituído de íons metálicos positivos em posições ordenadas, com os elétrons livres de valência movimentando-se em todo o fio.
- b) é constituído de moléculas.
- c) seus átomos estão unidos por ligações iônicas.
- d) as forças eletrostáticas que unem os átomos de cobre no fio são resultantes das interações dipolo-dipolo.
- e) as ligações nele existentes são covalentes.

6) O cloreto de sódio (NaCl) quando dissolvido em água passa pelo processo de dissociação iônica, já o ácido clorídrico (HCl) quando dissolvido em água passa pelo processo de ionização. Explique a diferença dos processos de dissociação iônica e ionização.

---

---

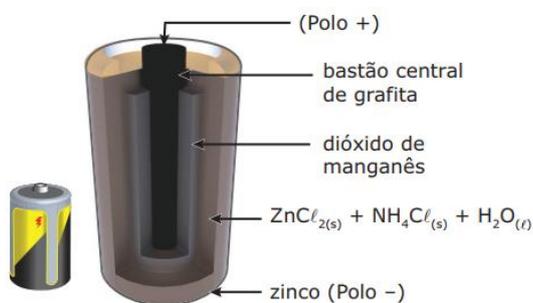
## APÊNDICE H – Nova situação da aprendizagem.

### *Investigando os processos eletroquímicos na pilha seca e na pilha alcalina*

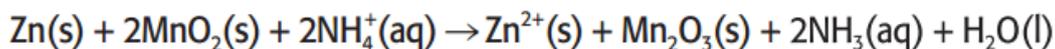
- 1) Realize a leitura do texto da pilha seca e responda as questões a seguir:

#### **Pilha de zinco/dióxido de manganês (Pilha seca)**

Inventada em 1860 pelo químico francês Georges Leclanché [1839-1882], a pilha seca fornece potencial de 1,55 V. Por ter um custo baixo, é a pilha mais comum, sendo utilizada em diferentes equipamentos portáteis. A pilha seca é formada por um cilindro de zinco contendo um eletrólito formado por uma mistura pastosa de cloreto de amônio, óxido de manganês e carbono pulverizados.



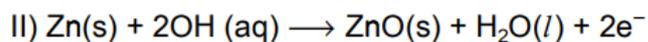
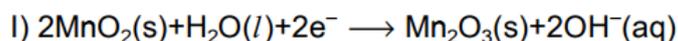
A reação que ocorre nessa pilha pode ser descrita pela equação:



Na verdade, essas pilhas não são totalmente secas, pois, em seu interior, sempre se obtém a pasta  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Só será obtido um rendimento máximo intercalando-se intervalos de uso e “repouso”, o que favorece a dissolução de  $\text{NH}_3\text{(g)}$  em água, diminuindo a resistência interna da pilha. Não agindo dessa forma, podem-se verificar, em alguns casos, vazamentos na pilha. Para evitá-los, deve-se retirá-la no período de “repouso”.

- Qual(s) a(s) vantagem(s) e a(s) desvantagem(s) da pilha seca?
- Qual o número de oxidação do manganês e do zinco nas diferentes formas em que se fazem presentes na reação?
- Identifique e explique o processo de oxidação e o processo de redução que ocorre na pilha seca.
- Qual é o agente oxidante? Explique.
- Qual é o agente redutor? Explique.
- Qual é o cátodo da pilha seca? Explique.
- Qual é o ânodo da pilha seca? Explique.
- Indicando a substância constituinte de cada eletrodo, qual é o sentido do fluxo de elétrons na pilha em funcionamento?

(UFC-Adaptada) Um aprimoramento da pilha de Leclanché é o eletrólito alcalino, pois ele impede que ocorram reações quando a pilha não está em uso. Nessas pilhas, o eletrólito cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) é substituído pelo hidróxido de potássio ( $\text{KOH}$ ), o que justifica o uso da expressão **pilhas alcalinas**, isto é, básicas. As pilhas alcalinas apresentam maior durabilidade que as pilhas secas, devido à pureza de seus materiais e ao processo de fabricação ser diferenciado, mas seu custo é maior.



- Qual(s) a(s) vantagem(s) e a(s) desvantagem(s) da pilha alcalina?
- Identifique e explique o processo de oxidação e o processo de redução que ocorre na pilha alcalina.
- Sabendo-se que os potenciais padrão de redução,  $E^\circ$ , do zinco e do manganês, nos processos I e II, são  $-1,25\text{V}$  e  $+0,29\text{V}$ , respectivamente, calcule a voltagem produzida pela pilha.

**APÊNDICE I** – Planos de Aula demonstrando os conteúdos, objetivos e metodologia implementada na UEPS.

<b>Aula 1: Aplicação do Pré-teste</b>	
<b>I. Identificação</b> Disciplina: Química Carga Horária: 50 minutos (1 aula) Turma: 2º ano do Ensino Médio	
<b>II. Conteúdos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Noções gerais de pilhas e baterias.</li><li>– Transformações de energia na pilha.</li><li>– Condução de corrente elétrica na pilha.</li><li>– Íons.</li><li>– Diferença de potencial elétrico da pilha.</li><li>– Impactos ambientais e descarte de pilhas e baterias.</li></ul>	
<b>III. Objetivo</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Verificar os possíveis conhecimentos prévios que os estudantes possuem sobre eletroquímica, em particular pilhas e baterias.</li></ul>	
<b>IV. Metodologia</b> Aula 1: ~ 50 minutos <ul style="list-style-type: none"><li>– Aplicação do pré-teste com uma questão fechada e dez questões abertas.</li></ul>	
<b>V. Avaliação</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– O pré-teste apresenta questões que vinculam o estudo das pilhas e baterias com o entendimento que aluno traz consigo em relação ao funcionamento, utilidade e composição desses dispositivos, além dos problemas ambientais concernentes ao descarte incorreto.</li><li>– Examinar os dados do pré-teste que deve proceder de forma qualitativa, a partir dos critérios adaptados de Vasquez-Alonso <i>et al.</i> (2008) para as respostas fornecidas pelos alunos, em que se pode categorizá-las em: Adequadas, Plausíveis e Inadequadas.</li></ul>	

<b>Aula 2: Aplicação do Questionário Inicial</b>	
<b>I. Identificação</b> Disciplina: Química Carga Horária: 50 minutos (1 aula) Turma: 2º ano do Ensino Médio	
<b>II. Conteúdos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Ligações químicas.</li><li>– Corrente elétrica.</li><li>– Dissociação iônica e ionização.</li><li>– Solução eletrolítica e não-eletrolítica.</li></ul>	
<b>III. Objetivo</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Averiguar os possíveis conhecimentos relevantes já estudados pelos alunos no primeiro ano do Ensino Médio, e que podem servir para aprendizagem dos novos conhecimentos que se direcionarás ao estudo das pilhas e baterias.</li></ul>	
<b>IV. Metodologia</b>	

<p>Aula 2: ~ 50 minutos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aplicação do questionário inicial com questões abertas e questões fechadas.</li> </ul>
<p><b>V. Avaliação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aplicar o questionário inicial e analisar as respostas para verificação dos possíveis <i>subsunçoes</i> que serão classificados em satisfatório, parcialmente satisfatório ou inconsistente.</li> </ul>

<p align="center"><b>Aula 3 e 4: Organizador Prévio - Explorando a condução de corrente elétrica nos materiais</b></p>
<p><b>VI. Identificação</b></p> <p>Disciplina: Química  Carga Horária: 150 minutos (3 aulas)  Turma: 2º ano do Ensino Médio</p>
<p><b>VII. Conteúdos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ligações químicas.</li> <li>– Corrente elétrica.</li> <li>– Dissociação iônica e ionização.</li> <li>– Solução eletrolítica e não-eletrolítica.</li> </ul>
<p><b>VIII. Objetivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Compreender as condições necessárias para que haja condução de eletricidade nos materiais, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.</li> </ul>
<p><b>IX. Metodologia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Aula 3 (expositivo-dialogada e atividade experimental): ~ 50 minutos</b></li> </ul> <p>a) Como essa etapa faz parte da estratégia dos organizadores prévios, iniciar o estudo sobre condução de corrente elétrica em materiais com o esclarecimento dos objetivos da aula.</p> <p>b) Posteriormente, retomar de forma expositiva os tipos de ligações químicas pertinentes à formação dos compostos iônicos, moleculares e metálicos conhecidos pelos alunos ou relevantes para o estudo em questão. Como também, explicar os processos de dissociação iônica e ionização.</p> <p>c) Elucidar de forma expositiva o conceito de corrente elétrica. Após, realizar uma demonstração da atividade experimental “testando a condução de corrente elétrica nos materiais” para tratar do comportamento das substâncias iônicas, moleculares e metálicas quanto à condutividade elétrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Aula 4 (aplicação das TDICs): ~ 100 minutos</b></li> </ul> <p>O intuito desta aula consiste em explicar o comportamento das substâncias iônicas e das substâncias moleculares quanto à condutividade elétrica, buscando entender por meio de uma simulação computacional o nível submicroscópico. Para isso, os alunos receberão um roteiro de exploração da simulação intitulado, como: soluções de açúcar e sal.</p>
<p><b>X. Avaliação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conteúdos que serão cobrados em avaliação posterior.</li> </ul>

<b>Aula 5: Mapas-teste</b>	
<b>I. Identificação</b>	Disciplina: Química Carga Horária: 100 minutos (2 aulas) Turma: 2º ano do Ensino Médio
<b>II. Conteúdos</b>	– Mapas Conceituais
<b>III. Objetivo</b>	– Explicar a técnica de mapas conceituais, apontando sua importância como instrumento de avaliação da aprendizagem. – Apresentar o software CmapTools <sup>10</sup> .
<b>IV. Metodologia</b>	<b>Aula 5 (expositivo-dialogada):</b> ~ 100 minutos a) Iniciar a aula, questionando os alunos se eles conhecem e se já utilizaram este tipo de instrumento que são os mapas conceituais para estudo. b) Apresentar a definição de mapa conceitual, e sua função e importância no processo de ensino e aprendizagem significativo. c) Explicar detalhadamente os aspectos importantes para a construção e organização de um mapa conceitual. d) Apresentar o software <i>CmapTools</i> , explicando suas ferramentas para construção de mapas conceituais. e) Solicitar aos alunos que confeccionem mapas conceituais sobre diversos temas relacionados ao cotidiano deles, esses mapas serão considerados mapas-testes. f) Socializar e discutir com os alunos sobre a produção dos mapas-teste.
<b>V. Avaliação</b>	– Durante a intervenção desta UEPS, os alunos deverão construir mapas conceituais sobre pilhas e baterias, que serão avaliados qualitativamente, de acordo com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

<b>Aula 6, 7, 8 e 9: Apresentar o conhecimento a ser ensinado – Investigando as reações de oxirredução com metais em soluções aquosas</b>	
<b>I. Identificação</b>	Disciplina: Química Carga Horária: 400 minutos (8 aulas) Turma: 2º ano do Ensino Médio
<b>II. Conteúdos</b>	– Número de oxidação (Nox) – Reações de oxirredução – Agente oxidante e agente redutor
<b>III. Objetivo</b>	– Conceituar número de oxidação, reações de oxirredução, agente oxidante e agente redutor. – Identificar os agentes oxidante e redutor em uma reação de oxirredução.

<sup>10</sup> CmapTools . Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

- Compreender em nível macroscópico, submicroscópico e simbólico as reações de oxirredução, mediante a realização de atividade experimental e o uso das TDICs.

#### IV. Metodologia

- **Aula 6 (atividade experimental): ~ 50 minutos**

a) Realizar a demonstração da atividade experimental, intitulada como: *Investigando o cobre metálico em uma solução de nitrato de prata.*

b) Este experimento possibilita aos alunos a observação detalhada das etapas da reação, em que ocorre a formação de prata sólida e nitrato de cobre. A presença de prata sólida é facilmente detectada, uma vez que esta se deposita no fio de cobre e o nitrato de cobre dá uma cor azulada à solução. A seguir está descrito os materiais e o procedimento experimental.

➡ Materiais:

- 1 béquer
- 1 pedaço de fio de cobre
- solução de nitrato de prata

➡ Procedimento:

- Mergulhar o fio de cobre na solução de nitrato de prata e observar.

c) Após a atividade experimental, os alunos assistirão a um breve vídeo<sup>11</sup> (01min08seg) do site “*Envisioning Chemistry*”, com o intuito de visualizarem imagens tomadas sob um microscópio deste experimento.



Figura 2. Vídeo apresenta a reação cobre metálico em uma solução de nitrato de prata.

Fonte: <https://www.envisioningchemistry.com/black-and-white>.

d) Após as observações, serão realizados alguns questionamentos:

- *Quais são os indícios de que ocorreu uma reação química?*
- *Porque a coloração da solução de nitrato de prata foi alterada?*
- *Porque formam cristais no fio de cobre?*

e) Na observação é possível descrever a formação de um sólido sobre o fio e a mudança

<sup>11</sup> Envisioning Chemistry. Disponível em: < <https://www.envisioningchemistry.com/black-and-white>>. Acesso em: 11. Out. 2017.

de cor da solução, que de incolor passou a azul-esverdeada. Aponte aos alunos que compostos que contêm o íon  $\text{Cu}^{2+}$  em sua constituição geralmente apresentam uma cor que varia entre tons de verde e azul, como o sal de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ). A cor é mantida quando a substância se dissocia em água formando íons  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$  e  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ . (Neste momento, retome com os alunos o conceito de dissociação iônica, estudado na etapa do organizador prévio).



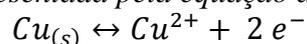
Figura 3. Atividade experimental: Investigando o cobre metálico em uma solução de nitrato de prata.

f) Podemos concluir que a cor da solução resultante da reação indica a formação de íons cobre (II). Em seguida instigue os alunos a responder a seguinte questão:

– *Qual a origem desses íons?*

g) Elabore uma hipótese junto aos alunos:

– Hipótese: A única fonte de cobre presente no sistema reacional é o fio de cobre metálico, o que sugere que os íons foram formados a partir do fio. Essa hipótese de reação pode ser representada pela equação a seguir:



– Explique aos alunos que quando uma espécie química *perde um ou mais elétrons* em uma reação química, diz-se que ocorreu a *oxidação* dessa espécie.

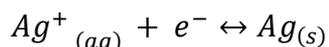
h) Questione os alunos:

– *Qual é o destino dos elétrons provenientes da oxidação?*

i) A aparência prateada dos cristais sugere que se forma prata metálica na superfície do fio de cobre. Na solução inicial, havia íons  $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})}$  provenientes da dissociação do sal  $\text{AgNO}_3$  em água.

j) Elabore uma hipótese junto aos alunos:

– Hipótese: Sugere-se que a prata metálica formou-se a partir dos íons  $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})}$  presentes na solução inicial. Essa hipótese de reação pode ser representada pela equação a seguir:



– Explique aos alunos que quando uma espécie química *ganha um ou mais elétrons* em uma reação química, diz-se que ocorreu a *redução* dessa espécie.

– **Aula 7 (expositivo-dialogada): ~ 50 minutos**

a) Conceitue e exemplifique aos alunos de forma expositiva as reações de oxirredução, número de oxidação, agente redutor e agente oxidante.

b) Apresente a equação global da reação do experimento anterior, e explique como

ocorrem os processos de oxidação e redução e suas especificidades.

## Reações de Oxirredução

Prática Experimental: Investigando o cobre metálico em uma solução de nitrato de prata

A reação de oxirredução entre o cobre metálico e o nitrato de prata pode ser assim equacionada:



Cobre  
Metálico

Nitrato  
de Prata

Prata  
Metálica

Nitrato  
de Cobre

**Oxidação** é um processo no qual há perda de elétrons.

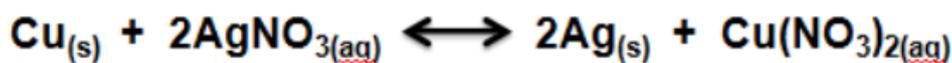
**Redução** é um processo no qual há ganho de elétrons.

**Reação de oxidorredução** é um tipo de reação em que ocorre transferência de elétrons entre as espécies envolvidas.

7

Figura 4. Slide organizado pela professora-pesquisadora para apresentar a equação da reação entre o cobre metálico e o nitrato de prata.

## Número de Oxidação - Nox



(0)

(+1)

Nox diminui  
Reduziu

(0)

(+2)

Nox aumentou  
Oxidou

O **cobre transferiu elétrons** para a prata, **provocando a redução**, da prata.

☐ Portanto, o cobre é o **agente redutor**.

A **prata recebeu elétrons**, **provocando a oxidação** do cobre.

☐ Portanto, a prata é o **agente oxidante**.

17

Figura 5. Slide organizado pela professora-pesquisadora para demonstrar como identificar a substância redutora e oxidante.

d) Ao finalizar as explicações das etapas anteriores, apresente um mapa conceitual para os alunos enfatizando os conceitos estudados.

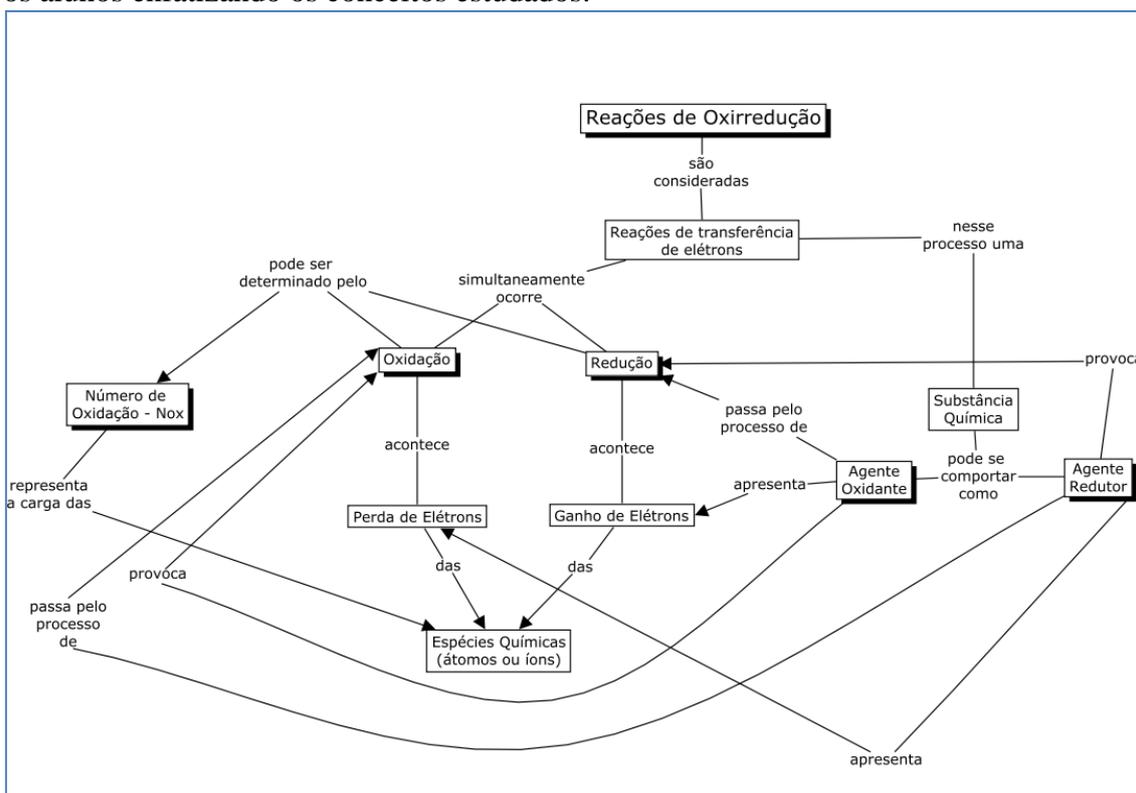


Figura 6. Mapa conceitual produzido pela professora-pesquisadora para retomar os conceitos abordados na aula.

– **Aula 8 (aplicação das TDICs): ~ 100 minutos**

a) Para propiciar uma melhor compreensão dos alunos sobre a reação de oxirredução que ocorre no experimento em nível submicroscópico, apresente a simulação ‘*Metals in Aqueous Solutions*<sup>12</sup>. Para isso, pode-se conduzir a aula com o roteiro de exploração desta simulação que deverá ser entregue para cada aluno.

b) A simulação permite que seja realizado um estudo do potencial de redução de espécies químicas em reações de oxirredução que ocorrem entre os metais magnésio, zinco e cobre e os seus íons em solução, sendo possível observar e prever se uma substância química se comporta como redutora ou oxidante diante da outra; investigar se uma reação de oxirredução é ou não espontânea e compreender a lógica de organização da tabela de potenciais de redução.

<sup>12</sup> *Metals em Aqueous Solutions*. Disponível em: <<http://intro.chem.okstate.edu/1515F01/Laboratory/ActivityofMetals/home.html>>. Acesso em: 24 ago. 2017.



Figura 7. Página inicial da simulação *Metals in Aqueous Solutions*.  
 Fonte: <http://intro.chem.okstate.edu/1515F01/Laboratory/ActivityofMetals/home.html>.

– **Aula 9 (expositivo-dialogada): ~ 100 minutos**

a) Esta aula tem como propósito discutir os conceitos elucidados na simulação para que sirvam como ideias-âncoras para assimilação da nova aprendizagem.

b) Com isso, o professor juntamente com os alunos deverão diferenciar, por meio de especificidades, as reações de oxidação e as reações de redução, para assim relacioná-las e organizá-las do mais oxidante para o menos oxidante e do mais redutor para o menos redutor, deste modo explicando a origem e a função da tabela de potenciais-padrão de redução.

**V. Avaliação**

– Conteúdos que serão cobrados em avaliação posterior.

**Aula 10: Nova apresentação do conhecimento a ser ensinado –  
 Estudando a história das pilhas e as implicações do descarte desses  
 dispositivos ao meio ambiente**

**I. Identificação**

Disciplina: Química  
 Carga Horária: 50 minutos (1 aula)  
 Turma: 2º ano do Ensino Médio

**II. Conteúdos**

- História da invenção das pilhas
- Questões ambientais envolvidas no descarte das pilhas e baterias.

**III. Objetivos**

- Conhecer a história da invenção da pilha.
- Debater sobre o descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias.

**IV. Metodologia**

– **Aula 10 (expositivo-dialogada e aplicação das TDICs): ~ 50 minutos**

a) Os alunos assistirão ao vídeo<sup>13</sup> produzido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio) que busca elucidar a história da invenção da pilha, sobretudo quando destaca as descobertas de Galvani e as experiências da pilha de Daniell.

b) O professor pode utilizar como aporte teórico para explicação da história da pilha o artigo de intitulado: O bicentenário da invenção da pilha elétrica.<sup>14</sup>

c) Posteriormente, os alunos farão uma leitura compartilhada do texto: descarte de pilhas e baterias<sup>15</sup>.

d) Em seguida, realize um debate em grande grupo com os alunos a respeito da temática do vídeo e da leitura, enfatizando a história das pilhas, descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias.

**V. Avaliação**

– Conteúdos que serão cobrados em avaliação posterior.

**Aula 11, 12 e 13: Nova apresentação do conhecimento a ser ensinado - Analisando as transformações de energia no funcionamento das pilhas**

**I. Identificação**

Disciplina: Química

Carga Horária: 200 minutos (4 aulas)

Turma: 2º ano do Ensino Médio

**II. Conteúdos**

- Reações de oxirredução
- Pilhas e baterias
- Diferença de potencial das pilhas

**III. Objetivos**

- Compreender as transformações de energia química em energia elétrica.
- Conhecer a história da invenção da pilha.
- Discutir sobre o descarte e os impactos ambientais causados pelas pilhas e baterias.
- Entender a diferença de potencial (ddp) entre os polos de uma pilha e o cálculo da ddp.

**IV. Metodologia**

– **Aula 11 (Atividade experimental): ~ 100 minutos**

a) Após trabalharmos com as reações de oxirredução, a história das pilhas e o seu descarte, partiremos para o entendimento do funcionamento das pilhas e baterias. Para isso, será demonstrada a atividade experimental ‘Pilha de Daniell’, seguindo as mesmas instruções, isto é, retomando as explicações dos processos de oxirredução que servirão como ideias-âncoras para a aula experimental, e só então abordar os conceitos mais específicos nos quais se remetem aos elementos que compõe a pilha e aos fenômenos observados durante seu funcionamento.

<sup>13</sup> Vídeo “Tudo se transforma – Pilhas e Baterias”. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy\\_Itu-8](https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_Itu-8)>. Acesso em: 11 out. 2017.

<sup>14</sup> TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, v. 11, p.35-39, maio 2000.

<sup>15</sup> SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MOL, Gerson de Souza. **Química Cidadã**. 2. ed. São Paulo: Ajs, 2013. 3 v.

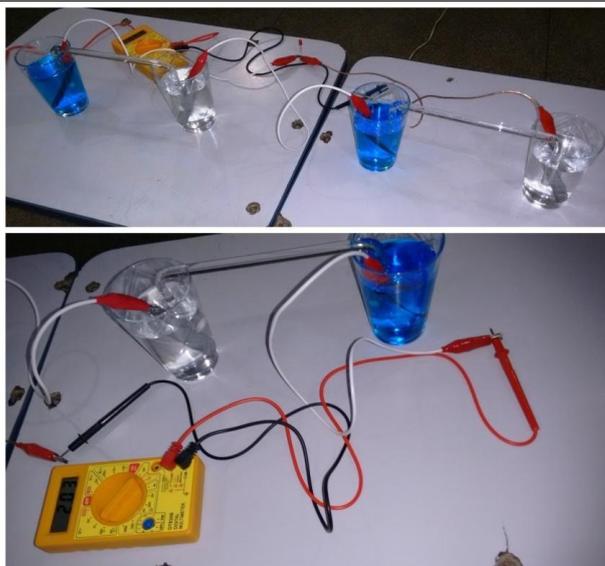


Figura 8. Atividade experimental ‘Pilha e Bateria de Daniell’.

b) Questões para condução da aula a partir do experimento da Pilha de Daniell.

- i) O que acontece nas placas de metais? Elabore hipóteses para explicar os fenômenos que ocorrem nas placas.
- ii) O que acontece nas soluções? Elabore hipóteses para explicar os fenômenos observados.
- iii) Que fenômenos ocorridos na pilha levam a produção de energia elétrica?
- iv) Qual a função da ponte salina? Pesquise.
- v) Qual a função do multímetro? Pesquise.
- vi) Medindo com multímetro e fazendo observação, o que você pode concluir?
- vii) O LED liga? Por quê? Elabore hipóteses para explicar os fenômenos observados.
- viii) Depois de algum tempo, o que ocorre? Por que a pilha deixa de funcionar?
- ix) Qual diferença de pilhas e baterias? Explique.

– **Aula 12 (expositivo-dialogada e aplicação das TDICs): ~ 50 minutos**

a) Nesta aula os alunos deverão utilizar a simulação *Voltaic Cell*<sup>16</sup> que trata da Pilha de Daniell. Assim, os alunos receberão um roteiro de exploração da simulação, e durante a aula o professor precisa rediscutir os conceitos abordados na atividade experimental, de forma que seja possível “subir e descer” na hierarquia conceitual.

b) Ademais, será importante trabalhar o submicroscópico, considerando que a simulação apresenta animações que permite a discussão de como ocorre o funcionamento da pilha nesse nível de representação.

c) A simulação apresenta a tabela de potencial-padrão de redução de alguns metais, desta forma seria possível realizar alguns testes para abordar o potencial elétrico de uma pilha. Neste viés, também é importante que os alunos se interajam, negociando significados e que o professor seja um mediador desta atividade.

<sup>16</sup> *Voltaic Cell*. Disponível em:

<<http://www.profpc.com.br/Simula%C3%A7%C3%A3o/Eletoqu%C3%ADmica/voltaicCellEMF.html>>. Acesso em: 10 out. 2017.

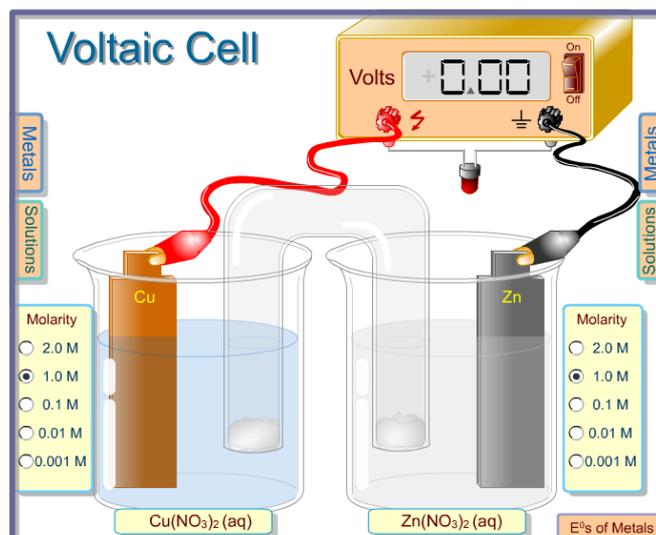


Figura 9. Simulação *Voltaic Cell*.  
 Fonte: <http://www.profpc.com.br/>.

– **Aula 13 (expositivo-dialogada): ~ 50 minutos**

- a) Nesta aula será aproveitado às observações realizadas na atividade experimental e na simulação, sobretudo em relação ao uso do aparelho multímetro, com o objetivo de entendermos a diferença de potencial (ddp) entre os polos de uma pilha e o cálculo da ddp.
- b) O potencial elétrico de uma pilha pode ser determinado de duas maneiras básicas: experimentalmente, por meio de um aparelho chamado multímetro, ou teoricamente, por meio de cálculos a partir dos potenciais das semirreações envolvidas.
- c) Assim, a professora demonstrará o cálculo da diferença de potencial elétrico de uma pilha, utilizando como exemplo a pilha de Daniell. Depois com o resultado, iremos comparar o valor teórico com o valor encontrado experimentalmente.

**V. Avaliação**

- Conteúdos que serão cobrados em avaliação posterior.

**Aula 14: Avaliação da Aprendizagem – Mapa Conceitual**

**I. Identificação**

Disciplina: Química  
 Carga Horária: 100 minutos (2 aulas)  
 Turma: 2º ano do Ensino Médio

**II. Conteúdos**

- Todos os conteúdos abordados na intervenção didática entre as aulas 1 e 13.

**III. Objetivos**

- Averiguar a possível organização conceitual do conteúdo de eletroquímica, após as intervenções propostas na UEPS mediante a solicitação de um mapa conceitual para os alunos.

**IV. Metodologia**

- Será solicitada aos alunos a construção de um mapa conceitual, a ser confeccionado individualmente e sem consulta.

- Socializar os mapas confeccionados.

#### **V. Avaliação**

- A análise dos mapas conceituais deve ser embasada nos critérios adaptados por Trindade e Hartwig (2012), que organizaram categorias para examinar os mapas conceituais evidenciando se os mesmos apresentam conceitos básicos e conceitos novos do conhecimento investigado, ligações entre conceitos, organização e hierarquização do mapa, os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, etc.

### **Aula 15: Avaliação da Aprendizagem – Avaliação Tradicional (somativa individual)**

#### **I. Identificação**

Disciplina: Química  
Carga Horária: 50 minutos (1 aula)  
Turma: 2º ano do Ensino Médio

#### **II. Conteúdos**

- Todos os conteúdos abordados na intervenção didática na etapa do organizador prévio entre as aulas 4 e 5.

#### **III. Objetivos**

- Verificar os possíveis resultados da intervenção por meio da aplicação de uma avaliação tradicional.

#### **IV. Metodologia**

- Aplicação de uma avaliação tradicional, sendo realizada de forma individual e sem consulta.

#### **V. Avaliação**

- Avaliação dos dados dessa prova como mais um instrumento de análise para triangulação dos dados.

### **Aula 16: Avaliação da Aprendizagem – Nova Situação de Aprendizagem**

#### **I. Identificação**

Disciplina: Química  
Carga Horária: 50 minutos (1 aula)  
Turma: 2º ano do Ensino Médio

#### **II. Conteúdos**

- Todos os conteúdos abordados na intervenção didática entre as aulas 1 e 13.
- Pilha Seca e Pilha Alcalina.

#### **III. Objetivos**

- Verificar os possíveis resultados da intervenção por meio da aplicação de um teste envolvendo uma nova situação que utiliza conceitos abordados em eletroquímica.

#### **IV. Metodologia**

- Realizar uma leitura e uma breve discussão com os alunos sobre o artigo “Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental” de Bocchi et al. (2000), a fim de explicar as características das pilhas secas e alcalinas e levantar suas vantagens e desvantagens.

b) Aplicar o teste composto por questões que envolvem os conceitos de eletroquímica estudados durante a UEPS, mas em uma nova situação que trata da investigação dos processos eletroquímicos das pilhas secas e pilhas alcalinas. Os alunos deverão realizar o teste de forma individual e sem consulta. O objetivo desta etapa será acompanhar o processo de aprendizagem em termos das facilidades e das dificuldades apresentadas pelos alunos em relação ao conteúdo.

**V. Avaliação**

– Avaliação dos dados dessa prova como mais um instrumento de análise para triangulação dos dados.

**Aula 17: Avaliação da Aprendizagem – Pós-teste**

**I. Identificação**

Disciplina: Química

Carga Horária: 50 minutos (1 aula)

Turma: 2º ano do Ensino Médio

**II. Conteúdos**

- Pilhas e baterias.
- Transformações de energia na pilha.
- Condução de corrente elétrica na pilha.
- Íons.
- Diferença de potencial elétrico da pilha.
- Impactos ambientais e descarte de pilhas e baterias.

**III. Objetivos**

- Analisar como foi o progresso da aprendizagem dos alunos no decorrer da UEPS.

**IV. Metodologia**

- Aplicação do pós-teste apresenta nove questões abertas e uma questão fechada.

**V. Avaliação**

– Examinar os dados do pós-teste que deve proceder de forma qualitativa, a partir dos critérios adaptados de Vasquez-Alonso et al. (2008) para as respostas fornecidas pelos alunos, em que se pode categorizá-las em: Adequadas, Plausíveis e Inadequadas.

## APÊNDICE J – Roteiro de exploração da simulação ‘soluções de açúcar e sal’.

### Roteiro de Exploração da Simulação: Soluções de açúcar e Sal

A simulação de soluções de açúcar e sal está disponível no portal PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado.

► Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/sugar-and-salt-solutions](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sugar-and-salt-solutions)>. Acesso em: 10 out. 2018.

Soluções de açúcar e sal é um aplicativo de simulação desenvolvido em linguagem Java<sup>17</sup>. Por isso, em seu computador é importante instalar o Java.

Quando iniciar a Exploração da Simulação, leia com atenção as instruções que são dadas e responda as questões que vão sendo colocadas.

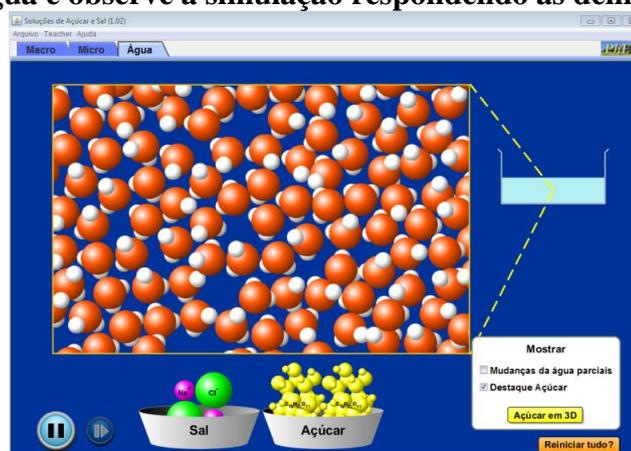
Os ícones simbólicos utilizados no Roteiro de Exploração possuem o seguinte significado:



Esta simulação permite tratar dos seguintes assuntos que fazem parte do conteúdo de Química.

- Condução de corrente elétrica em materiais.
- Substâncias iônicas e moleculares.

 1. Selecione a aba **Água** responda a letra “a”, e em seguida adicione cloreto de sódio na água e observe a simulação respondendo as demais questões.



<sup>17</sup> [https://www.java.com/pt\\_BR/](https://www.java.com/pt_BR/)

 a) No recipiente denominado “Sal” como os íons de cloreto de sódio – NaCl estão organizados?

---

 b) Quando uma substância iônica como o cloreto de sódio – NaCl entra em contato com a água, o que você observa?

---

 c) Qual o nome do íon carregado positivamente? \_\_\_\_\_

 d) Qual o nome do íon carregado negativamente? \_\_\_\_\_

 e) Quando uma substância molecular como o açúcar entra em contato com a água, o que você observa?

---

 2. Na aba **Macro** selecione a lâmpada do medidor de condutividade e coloque-a imersa na solução de cloreto de sódio e sacarose.



 a) Qual (is) substância (s) conduzem corrente elétrica quando dissolvidas em água?

---

 b) Se aumentar a concentração de cloreto de sódio, o que ocorrerá com a condutividade elétrica da solução? Explique.

---

 **Remova com a torneira toda a água do recipiente e na aba evaporação, em seguida adicione cloreto de sódio e aproxime a lâmpada do medidor de condutividade.**

 A lâmpada liga? \_\_\_\_\_.



Faça o mesmo com a sacarose.



A lâmpada liga? \_\_\_\_\_.



Coloque apenas água e aproxime a lâmpada do medidor de condutividade.



A lâmpada liga? \_\_\_\_\_. Caso a lâmpada não ligue. Justifique. \_\_\_\_\_

### Organizando os resultados dos testes

Tabela 1: Materiais e a condução de corrente elétrica em diferentes condições.

Material	Condução de corrente elétrica	
	Sólido	Dissolvido em água
Açúcar		
Cloreto de Sódio		

**Agora que você testou os materiais, responda as questões a seguir:**

1. Para que um material possa conduzir corrente elétrica, quais características ele precisa apresentar? Quais dos materiais testados possuem essas características?

---



---

2. A água utilizada em casa é um material que possui uma diversidade de substâncias dissolvida. Será que o tipo de material que está dissolvida na água afeta a sua condutividade? Explique.

---



---

3. A solução de Cloreto de Sódio (NaCl) é considerada solução eletrolítica ou uma solução não-eletrolítica? Explique.

---



---

4. A solução de açúcar é considerada uma solução eletrolítica ou uma solução não-eletrolítica? Explique.

---



---

APÊNDICE K – Roteiro de exploração da simulação ‘*Metals in Aqueous Solutions*’.

### Roteiro de Exploração da Simulação: *Metals in Aqueous Solutions*

A simulação *Metals in Aqueous Solutions* está disponível no link a seguir:

■ Disponível em:

<<http://intro.chem.okstate.edu/1515F01/Laboratory/ActivityofMetals/home.html>>.

Acesso em: 10 out. 2018.

Quando iniciar a Exploração da Simulação, leia com atenção as instruções que são dadas e responda as questões que vão sendo colocadas.

Os ícones simbólicos utilizados no Roteiro de Exploração possuem o seguinte significado:



Esta simulação permite tratar dos seguintes assuntos que fazem parte do conteúdo de Eletroquímica:

- Reações de Oxirredução;
- Oxidação e Redução;
- Agente Redutor e Agente Oxidante;
- Número de Oxidação;
- Reatividade dos Metais.



Click em “Start”.



Segure a lupa sobre cada bécker (Figura 1) e "clique" para visualizar o seu conteúdo submicroscópico.



Figura 1: Soluções Aquosas



1. Liste os íons Ânions e Cátions presentes em cada solução observados na visualização.

---



---



---



Click em “Activity 1”.



Selecione cada um dos metais e em seguida click em: Click here to place the metals into the solutions. (clique aqui para colocar os metais nas soluções).



Para remover as placas das soluções aquosas click no mesmo local para retirar, ou se quiser repetir a animação.



Repita o processo para cada uma das placas de metais para responder a questão 1.

➡ **Atividade 1**



1. Anote na Tabela 1, os resultados indicando evidência de que houve alguma reação entre a solução e a placa de metal. Descreva qualquer evidência (cor, tamanho e textura) que mostre que ocorreu uma reação química.

**Tabela 1** – Evidências observadas na simulação.

PLACAS DE METAIS SOLUÇÕES AQUOSAS	Mg	Cu	Zn
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$			
----------------------------	--	--	--

 Para compreender melhor visualize em nível submicroscópico a reação que ocorre entre o magnésio e a solução de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

 Click em:  (Reações à escala molecular).

 Selecione a placa de magnésio e arraste até a solução de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

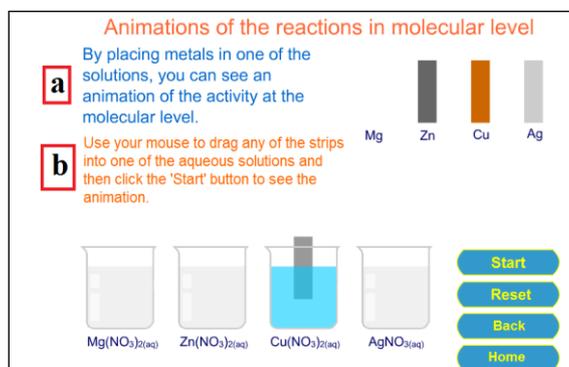


Figura 2: Animação das reações em nível molecular.

 **Tradução A (Figura 2):** Colocando as placas de metais em uma das soluções, você pode visualizar uma animação da atividade em nível molecular (submicroscopicamente).

 **Tradução B (Figura 2):** Usar o mouse para arrastar qualquer uma das placas em uma das soluções aquosas e em seguida, clique no botão "Iniciar" para ver a animação.

 Click em "Start". Em seguida, aparecerá essa imagem que significa: "Para sua informação":

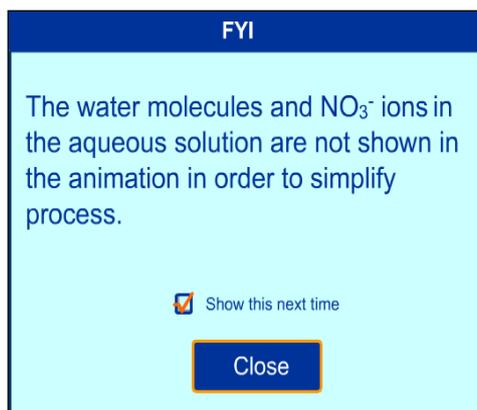


Figura 3: FYI (Para sua informação)

 **Tradução (Figura 3):** As moléculas de água e os íons  $\text{NO}_3^-$  na solução aquosa não são apresentados na animação, a fim de simplificar o processo.

 **Click em “Back”, caso queira voltar a página anterior e click em “Start” para avançar.**

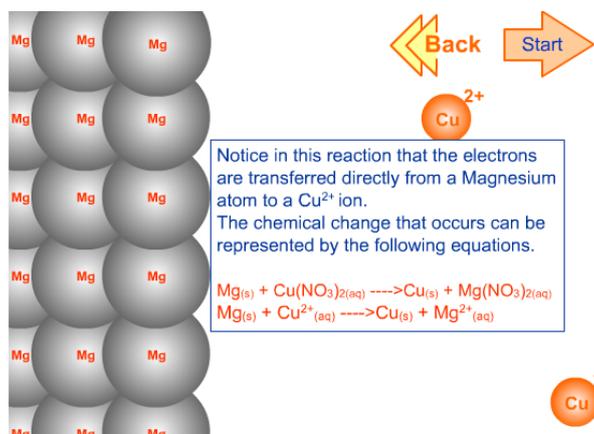


Figura 4: (A) Reação: Mg e  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

 **Tradução Figura 4:** Observar nesta reação que os elétrons são transferidos diretamente de um átomo de Magnésio para os íons cobre. A transformação química que ocorre pode ser representada pelas seguintes equações.

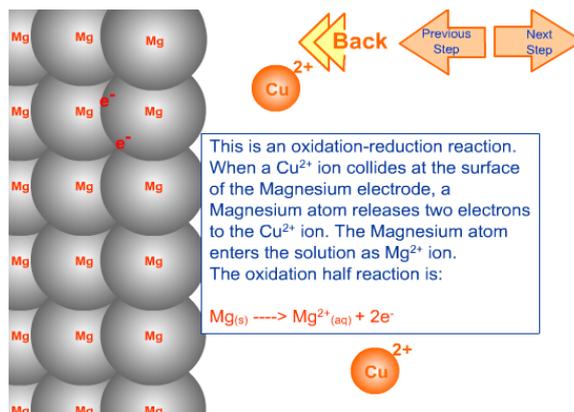


Figura 5: (B) Reação: Mg e  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

 **Tradução Figura 5:** Esta é uma reação de oxirredução. Quando um íon  $\text{Cu}^{2+}$  colide na superfície do metal de Magnésio, um átomo de magnésio libera dois elétrons para o íon  $\text{Cu}^{2+}$ . O átomo de magnésio entra na solução como íon  $\text{Mg}^{2+}$ .

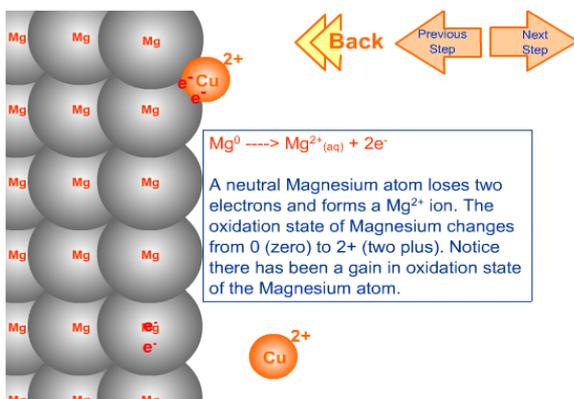


Figura 6 – (C) Reação: Mg e  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

 **Tradução Figura 6:** Um átomo neutro de Mg perde dois elétrons e forma um íon  $\text{Mg}^{2+}$ . A mudança do estado de oxidação do magnésio ocorre entre 0 (zero) e 2+ (dois mais). Observe a mudança de oxidação do átomo de magnésio.

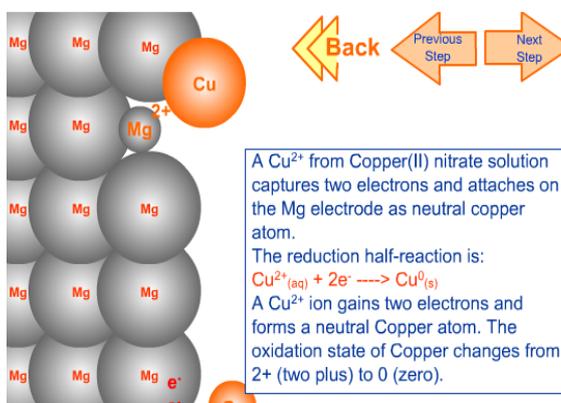


Figura 7 – (D) Reação: Mg e  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$



**Tradução Figura 7:** A partir da solução de nitrato de cobre (II), um  $\text{Cu}^{2+}$  atrai dois elétrons e liga-se ao eletrodo de magnésio como um átomo de cobre neutro. A semi-reação é: Um íon de  $\text{Cu}^{2+}$  ganha dois elétrons e forma um átomo de cobre neutro. O estado de oxidação do cobre passa de +2 para 0.



Para responder as questões a seguir, sempre que necessário retome o mesmo processo para visualizar em nível submicroscópico a reação que ocorre entre os outros metais e os íons em soluções aquosas.



2. a) Quando o átomo de magnésio transfere elétrons para os íons cobre, nesse processo ocorre à oxidação ou a redução do magnésio? \_\_\_\_\_

b) O metal magnésio é o agente redutor ou oxidante?

\_\_\_\_\_

c) Por outro lado, os íons cobre receberam os elétrons, por isso o processo envolvido é oxidação ou redução? \_\_\_\_\_

d) O cobre é o agente redutor ou oxidante? \_\_\_\_\_



3. a) Que metal reagiu com todos os outros íons metálicos? \_\_\_\_\_

b) Considerando que todas as reações neste experimento são de oxirredução, esse metal é capaz de oxidar ou de reduzir todos os íons em solução? Explique.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



4. a) Qual dos íons em solução reagiu com todos os outros metais? \_\_\_\_\_

b) Considerando que todas as reações neste experimento são de oxirredução, esse íon é capaz de oxidar ou de reduzir todos os metais? Explique.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



5. Coloque os metais em ordem de reatividade \_\_\_\_\_

## APÊNDICE L – Roteiro de exploração da simulação ‘*Voltaic Cell*’.

### Roteiro de Exploração da Simulação: *Voltaic Cell*

A simulação *Voltaic Cell* está disponível no link a seguir:

■ Disponível em:  
<<http://www.profpc.com.br/Simula%C3%A7%C3%A3o/Eletoqu%C3%ADmica/voltaicCellEMF.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

Quando iniciar a Exploração da Simulação, leia com atenção as instruções que são dadas e responda as questões que vão sendo colocadas.

Os ícones simbólicos utilizados no Roteiro de Exploração possuem o seguinte significado:



Esta simulação permite tratar dos seguintes assuntos que fazem parte do conteúdo de Eletroquímica:

- Reações de oxirredução
- Pilhas e Baterias
- Diferença de Potencial de uma pilha

 Esta simulação apresenta uma pilha. Os menus denominados “Metals” e “Solutions” permitem selecionar metais (eletrodos) e soluções iônicas para serem colocados em dois copos que estão conectados por uma ponte de salina. Assim, é possível conectar os metais a um multímetro para medir a tensão da célula ( $E^{\circ}$ ).

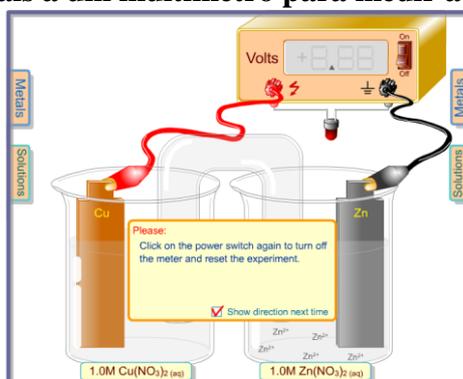


Figura 1. Simulação *Voltaic Cell*.

 Selecione no menu do lado esquerdo “Metals” e selecione o metal cobre. No

menu “Solutions” selecione a solução  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .



Selecione no menu do lado direito “Metals” e selecione o metal zinco. No menu “Solutions” selecione a solução  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .



Clique no interruptor de energia do medidor de tensão. Observe a ação da simulação.



Para compreender a reação em nível molecular selecione “Molecular level reaction” e observe a simulação.

**1) Observe o multímetro da simulação e responda:**



a) Qual é a tensão ( $E^\circ$ ) gerada pela reação química?



b) É o mesmo valor encontrado durante a atividade?

**2) Observe o que ocorre nas placas de metais, em nível molecular e responda:**



a) O que ocorre nas placas dos metais de cobre e zinco?



b) As hipóteses levantadas durante o experimento anterior sobre o que ocorre nas placas de zinco e cobre, estão de acordo com as observações realizadas na simulação?

**3) Observe o que ocorre nas soluções, em nível molecular e responda:**



a) O que ocorre nas soluções de íons zinco e cobre?



b) As hipóteses levantadas durante o experimento anterior sobre o que ocorre nas soluções de íons zinco e íons cobre, estão de acordo com as observações realizadas na simulação?



4) Na pilha de Daniell, a ponte salina tem a função de permitir a migração de íons de uma solução para outra, de modo que o número de íons positivos e negativos na solução de cada eletrodo permaneça em equilíbrio. Considerando o que você descreveu sobre o que ocorre com os íons das soluções, como deve ser o movimento dos íons no interior da ponte salina?



5) Em que direção os elétrons estão fluindo fora da pilha?

### Conclusão

Após aplicar o roteiro de exploração para os alunos, conclua a aula expondo os conceitos novos que foram trabalhados para o entendimento do funcionamento das pilhas e baterias e relacione as transformações de energia que ocorrem no interior da pilha, com a Lei de Lavoisier - *"na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma"*.

**ANEXO 1** – Atividade experimental: testando a condução de corrente elétrica nos materiais.

**Atividade Experimental: testando a condução de corrente elétrica nos materiais**

Neste experimento<sup>18</sup> construiremos um aparelho simples com o qual serão analisados materiais metálicos e soluções quanto à sua condutividade elétrica. Existem no comércio os condutivímetros digitais, entretanto com um custo muito menor podem ser construídos equipamentos mais simples, como o qual pretendemos neste experimento e que mesmo não permitindo medidas de condutividade, propiciam testes qualitativos e bons resultados visuais.

**1. Objetivo:** Identificar e analisar materiais metálicos, soluções eletrolíticas e não eletrolíticas.

**2. Habilidades/competências:** Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas, como para entender e explicar a obtenção de energia através de pilhas comerciais e não comerciais.

**3. Materiais e Reagentes**

Na tabela a seguir são apresentados os materiais e reagentes a ser utilizados no experimento.

**Tabela 1.** Materiais e Reagentes.

<b>Materiais</b>	<b>Reagentes</b>
Béqueres de 50 mL	Água destilada ou deionizada
Grafite de 2 mm	Sulfato de Cobre
Bateria de 9 V com conector	Cloreto de Sódio
Fio de cobre encapado	Glicose
Fios com conectores (jacarés)	Etanol
LED	Materiais metálicos: placa de cobre, alumínio, zinco, etc.

**4. Procedimentos**

**1º Etapa - Preparando o equipamento.**

- a) Construa o equipamento esquematizado na Figura 1.
- b) É necessário adquirir um conector para a bateria que ficará presa através dos jacarés com o grafite e o LED.

<sup>18</sup> RUBINGER, M. M. M.; BRAATHEN, P. C. Ação e Reação: Ideias para aulas especiais de química. 1 ed. 2012. v. 1. 292p.

- c) Prenda com fita adesiva a bateria entre os eletrodos que são os grafites, para impedir o contato entre os grafites.
- d) A haste mais longa do LED deve ser conectada ao polo positivo, normalmente o fio vermelho do conector de bateria.

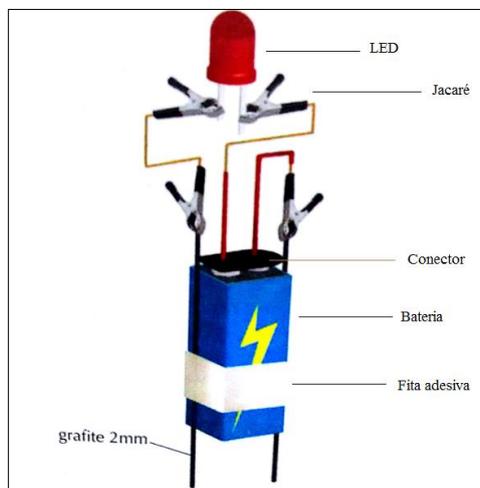


Figura 1: Esquema para a construção do aparelho indicador de condutividade.

### 3º Etapa – Preparando as soluções.

- a) Rotule os béqueres com as fórmulas ou nomes das amostras.
- b) Em cada béquer, coloque cerca de 20 ml de amostra.
- c) As soluções devem ter aproximadamente a mesma concentração, por exemplo, 0,1 mol/L.

### 4º Etapa – Testando a condutividade elétrica das soluções.

- a) Primeiramente mergulhe os eletrodos em água pura. Observe se a lâmpada ligou.
- b) Em seguida, teste as soluções de etanol, glicose, cloreto de sódio e sulfato de cobre.
- c) Após cada teste, lave cuidadosamente os eletrodos com água destilada, pois eles precisam estar bem limpos.

### 5º Etapa – Testando a condutividade elétrica e relacionando a concentração de íons.

- a) Mantenha os eletrodos em uma das soluções em que o LED brilhou intensamente e comece a diluí-la com água destilada.

### 6º Etapa – Testando a condutividade elétrica dos materiais metálicos.

- a) Apenas, coloque os eletrodos em contato com os materiais metálicos.

## 5. Questões para condução da aula a partir do experimento.

- a) Classifique as soluções como eletrolíticas ou não eletrolíticas.
- b) Quando você diluiu a solução com água, qual foi o resultado observado?

Ao testar os materiais metálicos, quais foram os resultados?

**Atividade Experimental: Pilha de Daniell**

**1. Atividade Experimental:** Pilha de Daniel<sup>19</sup>.

A pilha de Daniell foi elaborada em 1836 pelo químico britânico John Daniell, pois nesta época com o avanço da telegrafia existia a necessidade urgente de uma fonte de corrente elétrica que fosse confiável e estável. Este aparelho construído por Daniell se compõe como o princípio de funcionamento das pilhas que usamos em nosso dia a dia, assim todas as pilhas que são constituídas por metais e soluções dos seus respectivos sais são denominadas pilhas de Daniell<sup>20</sup>.

Daniell montou o arranjo apresentado na Figura 1, no qual os reagentes são separados e os eletrodos são unidos por um fio metálico e as soluções de eletrólitos são unidas por uma ponte salina ou uma barreira porosa. Com isso, os íons fornecidos pelo eletrólito movimentam-se entre os dois compartimentos.

**2. Objetivo:** Estudar as transformações de energia no funcionamento de uma pilha.

**3. Habilidades/competências:** Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas, como para entender e explicar a obtenção de energia através de pilhas comerciais e não comerciais.

**4. Materiais e Reagentes**

Na tabela a seguir são apresentados os materiais e reagentes a ser utilizados no experimento.

**Tabela 1.** Materiais e Reagentes.

<b>Materiais</b>	<b>Reagentes</b>
4 béqueres de 100 mL	Solução de sulfato de cobre (II) 1,0 mol/L
Conta gotas	Sulfato de zinco 1,0 mol/L
Algodão	Solução saturada de NaCl (Cloreto de Sódio)
Mangueira	4 Lâminas de cobre metálico
Fios com conectores (jacarés)	4 Lâminas de zinco metálico
Multímetro	
LED	

**5. Procedimentos**

<sup>19</sup> PILHA DE DANIEL. Disponível em:

<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/23530/Pilha%20de%20Daniell.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 set. 2017.

<sup>20</sup> ATKINS, Peter William; JONES, Loretta. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

### 1º Etapa - Preparando a pilha.

- Adicione 40 mL da solução de sulfato de zinco a um béquer. Posteriormente, Adicione 40 mL da solução de sulfato de cobre a um béquer.
- Ao béquer contendo sulfato de zinco, coloque uma placa de zinco. Ao béquer contendo sulfato de cobre, coloque uma placa de cobre.

### 2º Etapa – Preparando a ponte salina.

- Com auxílio de um conta gotas, encha completamente a mangueira com a solução saturada de NaCl.
- Umedeça dois pedaços pequenos de algodão com a solução de NaCl e utilize-os para tampar as extremidades da mangueira.
- Conforme a Figura 1 mergulhe uma extremidade da mangueira (ponte salina) no béquer contendo sulfato de zinco e a outra extremidade no béquer contendo sulfato de cobre.

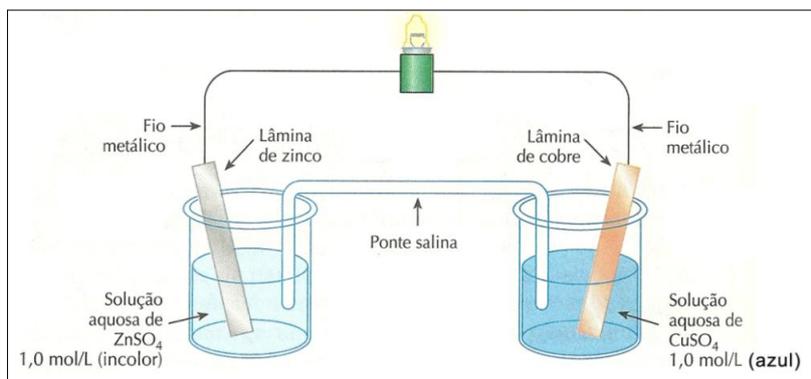


Figura 1: Representação da Pilha de Daniel.

### 3º Etapa – Trabalhando com o multímetro.

- Ajuste o multímetro para leitura de tensão elétrica (voltagem, medida em volts).
- Conecte o fio preto do multímetro na placa de zinco e o fio vermelho na placa de cobre.

### 4º Etapa – Preparando uma bateria.

- Monte uma segunda pilha.
- Conecte a placa de zinco de uma pilha à placa de cobre da outra pilha.
  - Não conecte as placas de uma mesma pilha.
- Conecte a placa de zinco livre ao polo negativo do LED e a placa de cobre livre ao polo positivo do LED. Observe.
- Troque o LED pelo multímetro e observe.