



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

CARLA CARVALHO DE MELO

**A EXPERIMENTAÇÃO COMO APORTE EM ATIVIDADES POR  
PROBLEMATIZAÇÃO: uma proposta para a significação de conceitos químicos  
associados à corrosão**

Caruaru

2019

CARLA CARVALHO DE MELO

**A EXPERIMENTAÇÃO COMO APORTE EM ATIVIDADES POR  
PROBLEMATIZAÇÃO: uma proposta para a significação de conceitos químicos  
associados à corrosão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Educação em Ciências e Matemática.

**Área de concentração:** Educação em Ciências e Matemática.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Célia Barbosa de Oliveira.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

M528e Melo, Carla Carvalho de.  
A experimentação como aporte em atividades por problematização: uma proposta para a significação de conceitos químicos associados à correção. / Carla Carvalho de Melo. – 2019.  
89 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Regina Célia Barbosa de Oliveira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2019.  
Inclui Referências.

1. Aprendizagem experimental – São Bento do Una (PE). 2. Aprendizagem baseada em problemas – São Bento do Una (PE). 3. Conceitos. 4. Corrosão e anticorrosivos. 5. Aprendizagem ativa - São Bento do Una (PE). I. Oliveira, Regina Célia Barbosa de (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2019-246)

CARLA CARVALHO DE MELO

**A EXPERIMENTAÇÃO COMO APORTE EM ATIVIDADES POR  
PROBLEMATIZAÇÃO: uma proposta para a significação de conceitos químicos  
associados à corrosão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em: 28 / 06 / 19.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Célia Barbosa de Oliveira (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. José Ayrton Lira dos Anjos (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sulanita Bandeira da Cruz Santos (Examinadora Externa)  
Universidade Federal de Pernambuco

Ao meu “vozinho”, Alfredo (*in memoriam*), por ser meu referencial de bondade e dedicação ao que o fazia feliz.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo amor incondicional, por me agraciar de inúmeras formas, sustentar-me nas adversidades e me direcionar em cada decisão.

Aos meus pais, Erinaura e Fernando, por todos os ensinamentos e tempo dedicado a mim. Espero retribuí-los como merecem.

Aos meus irmãos, Márcio e Marcos, por serem a melhor parte de mim. Vocês me inspiram a ser melhor a cada dia.

Ao meu bem, Aguiarões, pela preocupação e incentivo. Obrigada pelo bem que me faz.

À minha orientadora, Regina Célia, pela generosidade, paciência, incentivo. Você é meu referencial de ser humano e profissional. Penso que nunca conseguirei retribuir tudo que fez por mim. Obrigada por me conduzir até aqui.

Ao professor Agilson, pela enorme contribuição na minha formação acadêmica e pessoal, levarei sempre comigo seus conselhos. Obrigada pela confiança e generosidade. Minha profunda gratidão.

Ao professor Fábio Adriano, *in memoriam*, por ter sido um grande incentivador da minha carreira docente. Fostes uma estrela aqui na Terra.

Ao professor Ancelmo, um grande amigo e colega. Suas palavras de incentivo me ajudaram a acreditar que daria tudo certo. Sua alma é belíssima, que bom ter te conhecido.

Às minhas amigas e companheiras de jornada acadêmica, Elizete e Cleiça. Compartilhamos medos, angústias, metas e a certeza de que o fruto da dedicação é o sucesso.

Aos familiares e amigos, pela confiança e torcida. Saber do apoio de vocês foi essencial para continuar na caminhada.

À banca examinadora pela disponibilidade em avaliar esse trabalho. Obrigada pelas valiosas contribuições.

Ao Laboratório de Química da UFPE – CAA, pelo suporte dado à pesquisa, disponibilizando os materiais solicitados.

À Escola Elpídio Barbosa Maciel, por permitir a realização da pesquisa, cedendo seu espaço e estudantes.

Aos(às) estudantes participantes da pesquisa, pela disponibilidade e compromisso com as atividades propostas. Vocês foram incríveis.

“Vós, porém, esforçai-vos, e não desfaleçam as vossas mãos; porque a vossa obra terá uma recompensa”. (BÍBLIA, A. T., II Crônicas, 15:7).

## RESUMO

O presente trabalho consta de um estudo da utilização da experimentação, em uma perspectiva investigativa, como aporte em atividades por problematização, constituindo uma proposta para a significação de conceitos químicos associados à corrosão, junto a um grupo de estudantes da educação básica. O estudo configura-se como uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa de aplicação, utilizando-se de sequência didática com o tema corrosão e direcionada para a resolução de uma situação-problema. Como instrumentais de pesquisa para a coleta de dados, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas, realizadas *a priori* e *a posteriori*, e observação participante. Na sequência, os extratos das entrevistas e da observação participante foram apreciados à luz da análise do conteúdo na perspectiva de Bardin. Evidenciamos contribuições da utilização da experimentação na melhoria do estado de compreensão do fenômeno corrosão por parte dos(as) estudantes, ao inferir que os(as) mesmos(as) alcançaram a significação conceitual a partir da articulação de conceitos químicos no contexto proposto. Assim, pensamos ser pertinente o uso da experimentação como suporte à discussão sobre conceitos químicos, de forma perspectivamente desfragmentada e contextualizada, oportunizando a reflexão acerca de questões sociais relevantes para que a aprendizagem ocorra de forma significativa e crítica.

Palavras-chave: Experimentação. Problematização. Significação conceitual.

Corrosão.

## ABSTRACT

The present work consists in a study about the use of the experimentation, in an investigative perspective, as a support\contribution in activities by problematization, which constitutes a proposal for signification of chemical concepts associated to corrosion, gathers to a group of students from basic education. The study is settled as a qualitative approach of the application research kind, it uses didactic sequence with corrosion theme and aimed at solving a problem situation. As research instruments for data collection, semi-structured interviews were performed, *a priori* and *a posteriori*, and participant observation were used. Subsequently, the extracts from interviews and participant observation were analyzed according to Bardin's perspective. We show the contributions of the use of experimentation to improve students' understanding of the corrosion phenomenon, by inferring that they have reached the conceptual significance from the articulation of chemical concepts in the proposed context. Thus, we think it is pertinent to use experimentation to support the discussion of chemical concepts, in a perspective defragmented and contextualized way, allowing the reflection on relevant social issues so that learning occurs in a meaningful and critical way.

Keywords: Experimentation. Problematization. Conceptual significance. Corrossion.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Trabalhos analisados em seis edições do ENPEC.....	27
Quadro 2 –	Ideias apresentadas pelos(as) estudantes acerca da situação-problema antes e após a intervenção.....	54
Quadro 3 –	Categorias evidenciadas a partir das falas dos(as) estudantes nas entrevistas.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
<i>et al.</i>	e outros
nox	número de oxidação
PHC	Pedagogia Histórico-crítica
SD	Sequência Didática
SUS	Sistema Único de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
3.1	ASPECTOS DA CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	18
3.2	A EXPERIMENTAÇÃO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA.....	21
3.3	EXPERIMENTAÇÃO EM SITUAÇÕES DE PROBLEMATIZAÇÃO.....	22
3.4	A EXPERIMENTAÇÃO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	24
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>26</b>
4.1	PERSPECTIVAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	26
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
5.1	ASPECTOS DA METODOLOGIA ADOTADA.....	40
5.2	CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	41
5.3	INSTRUMENTAIS PARA COLETA DOS DADOS.....	42
5.4	APRECIAÇÃO DOS DADOS.....	42
5.5	PROPOSTA DIDÁTICA.....	43
5.6	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	43
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....</b>	<b>45</b>
6.1	TRILHA PARA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	45
6.2	CATEGORIAS DE ANÁLISE E DESDOBRAMENTOS DAS ENTREVISTAS E DA OBSERVAÇÃO.....	55
<b>6.2.1</b>	<b>Compreensão acerca da corrosão.....</b>	<b>56</b>

6.2.2	Caracterização da ferrugem como produto da corrosão.....	58
6.2.3	Identificação da corrosão em situações do cotidiano.....	61
6.2.4	Associação entre corrosão e reatividade.....	63
6.2.5	Compreensões acerca do processo redox.....	66
6.2.6	Aspectos sociais que emergiram da discussão do tema.....	72
7	CONCLUSÕES.....	76
	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS .....	83
	APÊNDICE B – SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	84
	APÊNDICE C – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	85

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de estratégias para a melhoria do ensino de Química é um tema amplamente discutido, uma vez que, dentre outras situações, é recorrente a alienação de estudantes do ensino básico, que não conseguem perceber a aplicabilidade da Química em contextos cotidianos (POZO; CRESPO, 2009). Sendo assim, pensamos que o desinteresse pelo estudo da disciplina em voga também decorra da dificuldade supracitada.

Guimarães (2009) ressalta que a falta de interesse por conteúdos do gênero decorre do fato de os mesmos não apresentarem significação para o(a) estudante. Segundo o autor, conteúdos fragmentados, que não se relacionam com os conhecimentos prévios do(a) estudante, aliados a uma participação direta qualitativamente precária, muito presente no ensino tradicional, tendem a dificultar o processo de aprendizagem significativa. Sendo esse pensamento consonante com o de Pozo e Crespo (2009).

No sentido de que o(a) estudante alcance a significação do conhecimento, adotamos como aporte a teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel (1963). Porém, também nos apropriamos da visão crítica de Moreira (2010), visto que, ele parte do mesmo princípio presente na visão clássica de Ausubel, de que o conhecimento prévio do(a) estudante é o fator primordial para que a aprendizagem seja significativa, mas acrescenta que o(a) estudante precisa aprender de forma significativa e crítica, em decorrência das exigências da sociedade contemporânea. Ou seja, é necessário que o(a) estudante seja crítico(a) ao que aprende e à sociedade em que está inserido(a), podendo afastar-se desse conhecimento quando julgar necessário.

Estrategicamente, atividades experimentais em ensino de Ciências configuram “um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos” (OLIVEIRA; HARTWIG; FERREIRA, 2010, p. 101). Ainda segundo tais autores, é muito comum a utilização de atividades experimentais, nas quais os(as) estudantes seguem roteiros previamente elaborados e suas ações são conduzidas por instruções do(a) professor(a) ou mesmo do texto, contrapondo-se às necessidades emergentes de ensino-aprendizagem.

Todavia, acreditamos que o processo de ensino-aprendizagem conduzido dessa maneira dificulta a reflexão, não estimula a investigação e se presta basicamente à ilustração e comprovação de teorias. No sentido de corroborar com a minimização do problema, a utilização de experimentação como aporte em atividades por problematização se constitui uma alternativa pertinente para a construção significativa do conhecimento, visto que oportuniza a vivência de situações que promovem o ensino reflexivo, a possibilidade de formular hipóteses, de sistematizar informações, de organizar o pensamento do(a) estudante para compor argumentos.

Francisco Júnior (2008, p. 20) expressa que “como estratégia de ensino, a experimentação deve ser problematizadora do conhecimento. É no diálogo da realidade observada, na problematização e na reflexão crítica de professores e estudantes que se faz o conhecimento”. A aprendizagem se constrói, desse modo, por meio de um processo dialógico, em que o(a) professor(a) oportuniza o(a) estudante, por meio da problematização, a pensar e discutir a relação de conceitos químicos de maneira desfragmentada e contextualizada, nutrindo-se de possibilidades para melhor compreensão de questões sociais mais abrangentes.

Francisco Junior, Ferreira e Hartwig (2008), consonam com essa perspectiva quando observam que a utilização da experimentação deve envolver reflexões, discussões e explicações, processos esses inerentes à construção do conhecimento científico. Nesse sentido, a experimentação deve instigar o(a) estudante por meio da curiosidade e do desafio, levando-o(a) a refletir sobre questões pertencentes a sua realidade para que, assim, possa pensar melhor e propor ações mais efetivas que contribuam para a solução de problemas.

Nessa perspectiva, optamos pelo tema corrosão para a realização de uma intervenção com estudantes do ensino médio. A motivação principal para a escolha do tema decorre de experiências profissionais na educação básica, em que percebemos que os(as) estudantes apresentam dificuldades de assimilação de conceitos em abordagens do conteúdo de oxirredução, principalmente. A literatura também apresenta relatos, como no estudo de Sanjuan *et al* (2009) envolvendo o tema “maresia” no ensino de eletroquímica, que menciona dificuldades de aprendizagem do tema corrosão e de conceitos químicos associados, sendo considerados de difícil abstração por parte dos(as) estudantes. Segundo o autor,

os(as) estudantes relatam dificuldades de apropriação de conceitos como oxidação, redução e número de oxidação, por exemplo.

O tema ainda oferece, segundo Merçon *et al* (2004, pág. 14), a possibilidade de contextualização de diversos conteúdos da Química, favorecendo a associação de conceitos científicos com “aspectos sociais, econômicos, ambientais e históricos, bem como do desenvolvimento de atividades interdisciplinares.” Conduzindo, dessa forma, o(a) estudante para a formação cidadã, pela aptidão para tomada de decisão e atuação na sociedade (MERÇON *et al*, 2011).

O tema foi problematizado a partir de uma situação-problema que questionou a possibilidade de utilização de um metal de valor mais acessível que a platina numa placa para a reestruturação óssea de um jovem que sofreu uma fratura na perna após acidente de motocicleta. Justificamos a temática da situação-problema pelo fato de haver, na escola em que se realizou a pesquisa, dois estudantes que sofreram acidentes recentemente e um deles sofreu fratura. Desse modo, atentamos ao que diz Cachapuz (2005, pág. 76) quando defende que os problemas devem ser propostos ou assumidos pelos(as) estudantes, apresentando sentido pessoal para que possa “se criar nos alunos um clima de verdadeiro desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem de que as nossas aulas de ciências são hoje tão carentes.”

Pensamos, assim, ser viável a abordagem do tema corrosão, a partir de situações de problematização. Entendemos aqui a problematização na perspectiva de Bachelard (1996), como forma de conhecer e discutir o conhecimento prévio do(a) estudante. Nesse contexto, a experimentação foi utilizada em uma abordagem investigativa como aporte para a compreensão do tema e de conceitos químicos associados, a partir de situações de confronto entre o posicionamento apresentado pelos(as) estudantes e o conhecimento científico.

Sendo assim, surgiu a questão norteadora desse trabalho: Como o uso da experimentação, em atividades por problematização, pode contribuir para a significação de conceitos químicos junto a um grupo de estudantes do ensino médio?

Os caminhos trilhados para responder à questão acima serão apresentados adiante. Iniciaremos com a explicitação dos objetivos da pesquisa e, consecutivamente, discutiremos aspectos referentes ao ensino de Química, bem como, perspectivas de uso da experimentação na educação básica, à luz da

literatura. Posteriormente, detalharemos o percurso metodológico escolhido para a consecução dos objetivos traçados. Consecutivamente serão apresentados e discutidos os resultados referentes à investigação com os(as) estudantes, seguidos das conclusões da pesquisa. Por fim, apresentaremos as referências que alicerçam o estudo e, no apêndice, consta o material didático elaborado para utilização durante a intervenção.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar as decorrências do uso da experimentação em atividades problematizadoras, voltadas para a significação de conceitos químicos associados à corrosão.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar situações em que sejam estabelecidas pelos(as) estudantes conexões coerentes entre conceitos químicos e o contexto proposto.
- Identificar se os(as) estudantes conseguem realizar inferências apropriadas quando da compreensão de fenômenos cotidianos relacionados à Química.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Iniciaremos pela abordagem de alguns aspectos acerca do ensino de Química que julgamos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa, discutindo posteriormente conexões entre a experimentação, a problematização e a aprendizagem significativa de conceitos.

#### 3.1 ASPECTOS DA CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem de conceitos químicos na educação básica tem apresentado resultados pouco satisfatórios, os(as) estudantes em sua maioria apresentam dificuldade de articulação de conceitos, prevalecendo processos de memorização, o que, possivelmente, contribuiria para uma atuação pouco participativa dos(as) mesmos(as), a qual estaria associada a ausência da contextualização da química (LIMA *et al*, 2000). Corroborando, com esses autores, Binsfeld e Auth (2011) observam que a ausência de relação entre os conteúdos abordados e o contexto de estudantes, tende a dificultar a significação do conhecimento. Pozo e Crespo (2009) ressaltam que os(as) estudantes apresentam desinteresse e resistência ao estudo das ciências, consideram sua aprendizagem algo complexo e exigente e, por isso, não obtêm êxito. Ainda segundo esses autores, tais atitudes estão predominantemente relacionadas a práticas de ensino com caráter mais tradicional.

Contrapondo a retórica do ensino tradicional, entendemos ser viável o uso de estratégias de ensino por contextualização, almejando a real efetivação dos objetivos educacionais, pela superação de abordagens fragmentadas, distanciadas do contexto do(a) estudante e sem significação para ele(a), as quais ainda estão presentes nos currículos, segundo Kato e Kawasaki (2011, pág 36). Os autores apontam que “é neste âmbito que a contextualização do ensino toma forma e relevância no ensino de ciências, já que se propõe a situar e relacionar os conteúdos escolares a diferentes contextos de sua produção, apropriação e utilização”.

Em consonância com essas perspectivas, o processo de ensino-aprendizagem necessita ser aproximado da realidade dos(as) estudantes, pela articulação dos conceitos estudados com situações da sua vivência. Chassot (2014), no entanto, ressalta que essa aproximação não deve ser confundida com a aplicação ou observação da Química no cotidiano, mas que o ensino de Química deve ser orientado sob a percepção de sua função social. Desse modo, o(a) estudante perceberia a articulação de conceitos químicos em contextos diversos, podendo atribuir significação ao que aprende, o que caracterizaria o exercício mais eficaz de cidadania.

Wharta (2013, pág. 85) compartilha do mesmo pensamento, destacando o perigo de se utilizar situações do cotidiano como forma de ilustrar e exemplificar a aplicação de conceitos químicos, o que “pode recair numa análise de situações vivenciadas por alunos que, por diversos fatores, não são problematizadas e conseqüentemente não são analisadas numa dimensão mais sistêmica como parte do mundo físico e social”.

Ainda sobre a utilização da contextualização como recurso de aprendizagem, os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002) sugerem que a abordagem contextualizada seria uma forma de conduzir o(a) estudante à maior participação no processo educativo e, quando utilizada adequadamente, propiciaria a aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa acontece, segundo Ausubel, quando uma nova informação interage com um conceito relevante, denominado subsunçor, já existente na estrutura cognitiva do(a) estudante e, por meio dessa interação, a informação é ancorada e assimilada, ao mesmo tempo que modifica o subsunçor (MOREIRA; MASINI, 2001). Porém, acrescentamos, a visão de Moreira (2005, pág. 11) sobre a necessidade de a aprendizagem ser significativa e crítica, em virtude das demandas da sociedade atual, pois, “ao mesmo tempo que é preciso viver nessa sociedade, integrar-se a ela, é necessário também ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos quando ela está perdendo rumo”. Ressaltamos que a visão crítica de Moreira não se opõe à visão clássica de Ausubel, uma vez que se apoia no princípio de que o conhecimento prévio do(a) estudante deve ser considerado no processo de ensino-aprendizagem. Moreira dialoga com as necessidades da sociedade contemporânea, no sentido de formar um cidadão(ã) crítico(a) e atuante na sociedade.

Segundo Ausubel (*apud* MOREIRA; MASINI, 2001), a ocorrência da aprendizagem significativa depende de duas condições. Necessariamente, o conteúdo apresentado deve se relacionar à estrutura cognitiva do(a) estudante de forma substantiva, ou seja, não arbitrária e não literal. A segunda condição coloca o(a) estudante na necessidade de mostrar-se disposto(a) a fazer tal relação. Essas condições demonstram que caso se disponha de um material que seja potencialmente significativo para o(a) estudante, mas esse(a) apenas o relacione de modo arbitrário e literal, a aprendizagem não seria significativa. Do mesmo modo, seria insuficiente que o(a) estudante estivesse disposto(a) a relacionar o conteúdo se esse não apresentasse significado para ele(a).

No tocante ao desenvolvimento de conceitos, Ausubel defende que, para facilitá-lo, as ideias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas inicialmente, sendo diferenciadas progressivamente até chegar-se às específicas, é o princípio da diferenciação progressiva. No entanto, ainda considera que é importante explorar as relações entre conceitos e proposições, suas semelhanças e diferenças, reconciliando inconsistências, é o princípio que define como reconciliação integrativa (MOREIRA; MASINI, 2001). Nesse sentido, visando propiciar a aprendizagem significativa, a organização de um tema/contéudo deve considerar esses dois princípios, permitindo ao(à) estudante diferenciar conceitos gradualmente, relacionando-os entre si, de modo a construir e integrar significados e não apenas memorizá-los isoladamente.

Nessa perspectiva, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) apontam para a existência de diversas experiências, nas quais as abordagens metodológicas dos conteúdos químicos priorizam a articulação entre teoria e prática, por meio da contextualização em atividades que ressaltam a construção conjunta de significados, em oposição a simples transmissão de conteúdos acabados e fragmentados.

Diante da possibilidade da utilização de diversas atividades que permitam inserir a contextualização na prática de ensino, caberia ao professor selecionar aquelas que mais se adequam as suas pretensões no processo educativo. Destacando-se as perspectivas atuais da escola, sendo percebida como espaço de relações recíprocas e dinâmicas, onde professores(as) e estudantes apresentam atitudes de participação e comprometimento com o processo de aprendizagem (BRASIL, 2002).

### 3.2 EXPERIMENTAÇÃO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Diante das perspectivas de utilização da experimentação como recurso didático, Gonçalves (2005) observa equívocos de concepções que tratam as atividades experimentais voltadas para a comparação entre resultados obtidos empiricamente e aqueles conhecidos pela teoria. Em consonância com Gonçalves, Giani (2010), Silva, Machado e Tunes (2011) e Suart (2014) refutam o uso da experimentação apenas para a verificação do que já era esperado o que, possivelmente, tornaria a experimentação restrita à ilustração de maneira subutilizada, sendo esse questionamento também presente nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002). Desta forma, caberia aos(às) estudantes seguirem as instruções de um roteiro que basicamente se utiliza de ações mecânicas, meramente reprodutivistas (FERREIRA, HARTWIG E OLIVEIRA, 2010).

Contraopondo-se a essa abordagem, as atividades experimentais investigativas, pretendem envolver o(a) estudante de modo mais efetivo no processo de aprendizagem, conforme Gonçalves (2005). Nesse sentido, “partem de uma situação problema, de interesse do aluno, a fim de que este se motive e veja necessidade em aprender o conteúdo a ser desenvolvido” (SUART, 2014, pág. 74).

Outro enfoque de uso da experimentação diz respeito às atividades demonstrativas-investigativas, que na concepção de Silva, Machado e Tunes (2011, pág. 245) “são aquelas em que o professor apresenta, durante as aulas, fenômenos simples a partir dos quais ele poderá introduzir aspectos teóricos que estejam relacionados ao que foi observado”. Trata-se de uma abordagem mais singela, que não despense tanto tempo para elaboração e realização, mas que apresenta condições de auxiliar o(a) estudante no desenvolvimento de habilidades cognitivas e de argumentação.

Diante de tais perspectivas, a utilização de atividades experimentais como aporte em atividades por problematização não deixa de fazer uso de aspectos de investigação, uma vez que o(a) estudante se vê na condição de pensar para solucionar uma pergunta que é colocada.

Nos enfoques atuais, a utilização de atividades experimentais investigativas tende a conduzir o(a) estudante a um processo de reflexão, construção e significação de conceitos. Sendo assim, a atividade experimental investigativa poderia assumir um papel, que não o da comprovação de teorias ou mesmo de recurso voltado para a motivação do(a) estudante, o que tem sido frequentemente refutado, conforme Suart (2014); e sim, de recurso que poderia favorecer a construção de conceitos de modo significativo pelo(a) estudante, mediante etapas reflexivas, o que está em conformidade com o pensamento de Giani (2010, p. 32), quando afirma que a experimentação deve caracterizar-se como “atividade provocadora de reflexão, uma estratégia capaz de suscitar discussões a partir das quais o conhecimento científico possa ganhar significado”.

Observa-se, mais uma vez, a necessidade de ressaltar que as atividades experimentais poderiam abrir precedentes para a motivação do(a) estudante, mas não necessariamente contribuiriam para a sua aprendizagem. Segundo o pensamento de Gonçalves (2005), caso haja pretensão de gerar motivação, talvez a ênfase não seja no sentido de motivar para aprender, mas aprender para sentir-se e manter-se motivado(a).

### 3.3 EXPERIMENTAÇÃO EM SITUAÇÕES DE PROBLEMATIZAÇÃO

As propostas atuais para o ensino de Química buscam a participação mais direta do(a) estudante no processo de ensino-aprendizagem, rompendo com as concepções do ensino tradicional, nas quais há transferência de conteúdos do(a) professor(a) para o(a) estudante. Binsfeld e Auth (2011) defendem a importância de espaços onde o(a) estudante seja motivado(a) a expressar suas concepções e ser questionador(a), de modo que atue nos contextos próximos, compreendendo os limites e possibilidades de seu papel como cidadão(ã). Para facilitar a expressão dessas ideias, destacamos a problematização como uma forma de “favorecer a explicitação dos conhecimentos discentes e as respectivas discussões acerca destes conhecimentos” (GONÇALVES, 2005, p. 46). Esse mesmo pensamento é compartilhado por Guimarães (2009) ao apontar que a problematização, com vistas

à exposição do conhecimento prévio do(a) estudante por meio da linguagem, exigiria mais que a simples memorização de conceitos e informações.

A problematização nessa perspectiva, de conhecer e discutir o conhecimento prévio dos(as) estudantes, aporta-se em Bachelard (1996), ao defender que o conhecimento não surge completo e acabado, mas como resposta a uma questão. Trata-se de um processo de construção em que, a partir de um problema, o(a) estudante é instigado(a) a apresentar suas concepções, de modo que sejam gerados conflitos e inquietações para que, por meio da investigação, possa alcançar o conhecimento científico, o que é definido como a formação do espírito científico (BACHELARD, 1996).

Como não se trata de um processo cumulativo, a partir da problematização seria gerado um ambiente de discussão e reflexão, possibilitando ao(à) estudante perceber as limitações de suas ideias e fornecendo motivos para a busca de novas explicações, de modo que encontre no conhecimento científico uma maior possibilidade de compreensão de fenômenos e situações, conforme Bachelard (1996).

A inserção da problematização no processo de ensino-aprendizagem pode ser realizada pelo uso de situação-problema, definida por Meirieu (1998) como situações didáticas na qual são propostas aos(às) estudantes tarefas que requerem uma aprendizagem clara que se alcança pela superação dos empecilhos à realização da tarefa. Dessa forma, o(a) estudante seria conduzido(a) durante a investigação a identificar informações e estratégias para obter a solução do problema (BRASIL, 2002) e, com isso, construiria a aprendizagem. Porém, Giani (2010) alerta que a discussão acerca de uma situação-problema nem sempre conduz à sua resolução e que o percurso metodológico escolhido seria mais importante que resolvê-la, pois nessa busca estariam envolvidos processos de reflexão que permitiriam desenvolver o raciocínio do(a) estudante, a partir de questionamentos que favoreçam a construção significativa dos conceitos. Portanto, o mais importante quanto ao uso dessa estratégia seria a verificação de que o(a) estudante conseguiu construir algum conhecimento.

Nesse sentido, em meio à problematização, o(a) professor(a) orientaria o(a) estudante durante a atividade experimental para a sistematização de suas ideias, o que contribui para o rompimento da visão dogmática da Ciência, segundo Galiazzi e Gonçalves (2004), e o(a) direciona na busca por soluções ao problema

apresentado como observa Giani (2010) ao considerar que o conhecimento progride com a problematização, o que converge com o pensamento de Bachelard (1996).

Ressaltamos, mais uma vez, que não é descartada a relevância da resposta à situação-problema, mas “os processos cognitivos, argumentativos, e as interações entre professores e alunos são, sem dúvida, os principais ganhos para o grupo envolvido” (SUART, 2014, pág. 74).

Assim, a atividade docente poderia direcionar a prática para que os novos conhecimentos sejam relacionáveis àqueles que o(a) estudante já possui, uma vez que, conforme Ausubel (*apud* PELIZZARI *et al.*, 2002), a relação substancial dos novos conteúdos com aspectos relevantes da estrutura cognitiva do(a) estudante conduziria à aprendizagem significativa. Durante esse percurso, Zanon e Uhmman (2012) e Suart (2014) enfatizam a função docente como mediadora do processo de ensino-aprendizagem, sendo responsável pelo progresso do raciocínio por meio da criação de situações que exijam reflexão no decorrer de etapas investigativas e pela inserção da problematização e contextualização dos conteúdos, atrelando observações e discussões teóricas para que os(as) estudantes construam argumentos e hipóteses para a solução da situação-problema.

### 3.4 A EXPERIMENTAÇÃO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A experimentação têm como função didática auxiliar os(as) estudantes na compreensão de conceitos relacionados aos fenômenos estudados, contribuindo no processo investigativo com o intuito de significar tais conceitos (ZANON; UHMANN, 2012). Para tanto, relacionam-se ao desenvolvimento de várias habilidades, destacando-se as cognitivas, como observa Suart (2014). A experimentação também pode estar relacionada ao desenvolvimento de habilidades de argumentação, ao trabalho colaborativo e a socialização dos(as) estudantes, apontam Galiazzi e Gonçalves (2004).

Zanon e Uhmman (2012) ressaltam que a importância da experimentação no ensino de Química deve-se ao fato de que elas oportunizam interações entre os(as) estudantes, de modo que eles(as) relacionem conceitos, para que a partir da produção de sentidos, tornem-se significativos. Essas interações

possibilitam que, por meio da exposição de ideias e de novas informações, os conceitos sejam construídos ou reconstruídos. Para tanto, seria imperativo conhecer quais os conceitos existentes na estrutura cognitiva discente. Assim, na elaboração de atividades experimentais deve-se considerar o conhecimento prévio do(a) estudante, pois o conhecimento não se adquire do nada, mas mediante um processo de construção (BACHELARD, 1996; GIANI, 2010). Além disso, se elas envolvem a contextualização do tema, faz-se necessário indicar relações econômicas, políticas e socioculturais (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Binsfeld e Auth (2011) ainda observam que os objetivos das atividades experimentais devem estar claros, porque intenciona-se formar estudantes capazes de tomar decisões e aprender de forma significativa os conceitos. Ausubel *et al* (1980 *apud* GIANI, 2010, p. 57) reconhecem que as atividades experimentais serão significativas, mediante duas condições. “Primeiro, devem ser construídas sob uma base de princípios e conceitos claramente compreensíveis; segundo, as operações envolvidas devem ser significativas.”

Nesse sentido, Suart (2014) observa que as atividades experimentais serão significativas se integrarem ação e reflexão. A realização do experimento pelo(a) estudante deve envolver discussão, análise de dados e interpretação dos resultados. Assim a atividade experimental permitiria, mediante a articulação de conceitos, a significação conceitual.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

Apresentaremos a seguir um resgate, a partir do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, das perspectivas em que a experimentação tem sido utilizada como recurso didático na educação básica.

### 4.1 PERSPECTIVAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

A inserção das atividades experimentais na escola, sob influência do trabalho realizado nas universidades, ocorreu há mais de um século e seu intuito era melhorar o aprendizado de conteúdos científicos, uma vez que os(as) estudantes, aparentemente aprendiam, mas não conseguiam aplicá-los. Porém, esse problema ainda faz parte do contexto de ensino de Ciências (IZQUIERDO; SANMARTÍN e ESPINET, 1999).

Acerca dessa dificuldade Ferreira *et al* (2010, p. 102) defendem que “a maioria dos alunos têm dificuldades para utilizar o conteúdo trabalhado nas aulas experimentais em situações extraídas do cotidiano por que as realizam em um contexto não significativo”. Assim, a experimentação no ensino de química não garante a efetivação da aprendizagem. Nesse contexto, surgem discussões acerca do uso de atividades experimentais e sua eficiência no cumprimento dos objetivos de aprendizagem. Sendo assim, é relevante compreender sob quais perspectivas a experimentação tem sido utilizada como recurso didático na educação básica.

Nesse sentido, realizamos um levantamento sobre as abordagens experimentais em Química no ensino médio. Optamos por um evento que, pela relevância dos estudos apresentados, é referência para pesquisadores em Educação em Ciências, o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), em seis de suas edições, realizadas entre 2005 e 2015. A busca se deu nos anais e atas do evento, utilizando como palavras-chave os termos “experimentação”, “atividades experimentais”, “experimentos”, “experimentação investigativa”, “experimentação didática”, contidos no título ou resumo dos trabalhos.

Encontramos 75 artigos na área de Química, contudo, realizamos um recorte após análise mais detalhada. Os critérios estabelecidos para o recorte consistiram em identificar trabalhos que investigaram a utilização da experimentação como recurso didático e trabalhos direcionados para o uso da experimentação no ensino médio, em alinhamento com o objeto da presente pesquisa, que diz respeito à investigação das implicações da utilização da experimentação para a significação de conceitos químicos junto a um grupo de estudantes do ensino médio. Desse modo, selecionamos 15 artigos conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos analisados em seis edições do ENPEC.

<b>EDIÇÃO DO ENPEC - ANO</b>	<b>Trabalhos Encontrados</b>	<b>Trabalhos Selecionados</b>
<b>V - 2005</b>	16	3
<b>VI - 2007</b>	5	1
<b>VII - 2009</b>	5	2
<b>VIII - 2011</b>	18	1
<b>IX - 2013</b>	14	3
<b>X - 2015</b>	17	5

Fonte: produção dos autores

Apresentaremos a seguir, breve panorama das investidas em experimentação, destacando aspectos que consideramos relevantes para a presente pesquisa, com respaldo nas discussões presentes na literatura.

Velleca *et al* (2005) apresentaram a pesquisa “*Investigando as concepções alternativas dos estudantes sobre eletroquímica*”. Os autores destacam a experimentação como recurso que poderia auxiliar na superação de dificuldades do processo de ensino-aprendizagem e favorecer a articulação entre os níveis teórico e prático. Apontam limitações da abordagem experimental voltada apenas para a confirmação e ilustração de conceitos estudados teoricamente em sala, defendendo a possibilidade de utilização da experimentação em diferentes sequências. Assim, a experimentação demonstrativa, foi empregada como

abordagem inicial, onde os(as) estudantes do terceiro ano do ensino médio observaram fenômenos relacionados à temática em estudo.

No segundo momento, os fenômenos observados na atividade experimental foram analisados simbolicamente. E, por conseguinte, foi empregado um questionário que consistia no instrumento de exploração das concepções alternativas dos(as) estudantes. Os autores concluíram que o instrumento permitiu identificar tais concepções, favorecendo a utilização de novas abordagens a partir das concepções apresentadas pelos(as) estudantes.

Em face da abordagem experimental ora comentada, julgamos a experimentação demonstrativa, como recurso que pode contribuir para o ensino-aprendizagem desde que o(a) professor(a) crie um ambiente dialógico em que o(a) estudante possa apresentar e discutir suas observações, participando de uma forma mais ativa do processo.

Haddad *et al* (2005) investigaram “*As concepções dos estudantes sobre hidrólise salina com o uso da estratégia role playing*”. A pesquisa considera a aprendizagem como uma construção, ocorrida em meio as interações entre os(as) estudantes, cabendo ao(à) professor(a) a mediação durante atividades que envolvam reflexão. A experimentação, segundo os autores, poderia favorecer tais interações quando, durante a investigação de um fenômeno, os(as) estudantes são colocados diante de situações de confronto entre suas ideias e os conceitos científicos, o que favoreceria a construção de conceitos para compreensão do fenômeno em estudo.

Com a realização da atividade experimental, que consistiu na dissolução de alguns sais em água e medição da acidez/basicidade, os(as) estudantes do terceiro ano do ensino médio discutiram e responderam questões relacionando o nível macroscópico ao submicroscópico. Em seguida, foi proposta a atividade “*role playing*”, que segundo os autores consiste na elaboração e realização de dramatizações, onde os(as) estudantes imaginam cenários e desempenham papéis com o intuito de desenvolver conceitos relacionados ao assunto em questão.

Em momento seguinte, a atividade foi problematizada, as concepções alternativas foram identificadas a partir de um instrumento e, em função das percepções evidenciadas na dramatização, foi realizada uma nova atividade experimental sobre a condutibilidade elétrica de ácidos e bases.

Notamos que a experimentação, nesse estudo, foi utilizada como aporte ao uso de uma estratégia de ensino, buscando contribuições para a compreensão do fenômeno durante as situações de investigação.

Santos e Góí (2005) apresentaram a pesquisa intitulada “*Resolução de problemas e atividades práticas de laboratório: uma articulação possível*” em que foi abordado o conteúdo ácido-base junto a estudantes do primeiro ano do ensino médio. Os autores discutiram os problemas apontados na literatura em relação à utilização da experimentação, como a abordagem ilustrativa de teorias, a utilização de roteiros que induzem a mecanicidade, demonstrações que não consideram a elaboração de hipóteses e construção de conceitos, a dificuldade que os(as) estudantes apresentam em articular a observação experimental e os conteúdos teóricos, a insuficiente formação do professor e a ausência de materiais e equipamentos adequados para realização das atividades.

Destacaram também que a principal dificuldade na utilização da resolução de problemas é que o(a) estudante não consegue seguir todas as suas etapas, devido à falta de familiaridade com o recurso. Apresentaram, assim, a hipótese que a utilização conjunta de recursos, poderia contribuir no processo de aprendizagem, ajudando a superar os obstáculos da utilização isolada.

A proposta foi organizada por meio de uma sequência didática, sendo a atividade experimental a quarta etapa dessa sequência. Os experimentos foram propostos e realizados pelos(as) estudantes para testar hipóteses para solução dos problemas apresentados, de forma que foi verificada a potencialidade das soluções apresentadas.

O resultado mostrou, segundo os autores, que os(as) estudantes cujas escolas utilizam o laboratório com menor frequência apresentaram dificuldades no manuseio de equipamentos e elaboração dos experimentos. Também foram evidenciadas dificuldades em relacionar as atividades realizadas com o conteúdo conceitual, pois em alguns momentos não conseguiram explicar o que faziam.

Observamos que a falta de familiaridade com a estratégia, ou talvez o fato de não se identificarem com ela, foi um obstáculo à aprendizagem. Desse modo, concordamos com os autores quando defenderam a utilização de recursos diversos para superação de limitações particulares. Destacamos ainda que seria uma forma de considerar a singularidade dos(as) estudantes, uma vez que cada um(a) tem um modo particular de aprender e nem sempre todos se identificam com

determinado recurso, por isso a utilização conjunta poderia ser mais eficiente para a aprendizagem.

Suart e Marcondes (2007) investigaram “*As habilidades cognitivas desenvolvidas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa*”. Salientaram que a experimentação é um recurso ainda pouco explorado no ensino médio e, quando presente, está voltado majoritariamente para a formação de habilidades procedimentais ou apresenta caráter ilustrativo e comprobatório, o que pouco contribuiria no processo de reflexão e construção de conceitos e, desse modo, no desenvolvimento de habilidades cognitivas. Assim, defenderam a importância de se considerar o conhecimento prévio do(a) estudante, colocando-o diante de situações que suscitem reflexão e elaboração de explicações.

Nesse sentido, foi analisado como foram elaboradas, por estudantes do primeiro ano do ensino médio, explicações para fenômenos experimentais e respostas para questões relacionadas ao conteúdo densidade. Foram gravadas, em áudio e vídeo, uma sequência de quatro aulas divididas em três momentos: experimentos demonstrativos, seguidos de discussão para conceituação da densidade e realização de experimentos pelos(as) estudantes, em que foi observada a densidade de diversos materiais e discussão dos resultados.

Os autores concluíram que a proposta favoreceu a reflexão sobre as perspectivas de utilização da experimentação em sala de aula, defendendo uma abordagem direcionada para o desenvolvimento de habilidades de altas ordens cognitivas, apesar de terem sido identificadas em sua maioria habilidades de baixa ordem, o que foi sugerido estar relacionado ao nível de exigência cognitiva do(a) professor(a). Observamos, desse modo, o papel do(a) professor(a) nesse tipo de abordagem, de estimular e conduzir discussões e reflexões que auxiliem no desenvolvimento cognitivo do(a) estudante.

Suart, Marcondes e Carmo (2009) apresentaram a pesquisa: “*Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas*”. Os autores defenderam a experimentação investigativa pelo seu potencial para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem, já que possibilitaria ao(à) estudante participar do processo investigativo para solução de um problema e, assim, construir o conhecimento. Ao(à) professor(a) caberia a responsabilidade de conduzir as interações dialógicas, o que tem reflexo nos resultados. Assim, foram investigadas

as habilidades cognitivas manifestadas por estudantes do primeiro ano do ensino médio a partir da experimentação, abordando a energia envolvida em transformações químicas e também os questionamentos realizados pela professora durante as discussões para analisar o tipo de habilidade exigida pela mesma.

A proposta foi dividida em três encontros: no primeiro foi aplicado um questionário com os(as) estudantes, as respostas foram discutidas e foi apresentado o problema, sendo também realizados dois experimentos relacionados ao tema em estudo. No segundo encontro foi proposto aos(às) estudantes a realização de dois experimentos com orientação de um roteiro e os resultados foram discutidos. No terceiro encontro foram retomadas as discussões de modo que os(as) estudantes elaborassem suas respostas.

Os resultados do trabalho, segundo os autores, evidenciaram a relação entre a mediação do professor e as habilidades manifestadas pelos(as) estudantes. Em alguns momentos o professor poderia ter explorado com maior profundidade a argumentação dos(as) estudantes para que pudessem apresentar argumentos de maior exigência cognitiva.

Suart e Marcondes (2009) investigaram “*A argumentação em uma atividade experimental investigativa no ensino médio de química*”. Tinham por objetivo analisar como estudantes de duas turmas de primeiro ano do ensino médio construíram argumentos durante uma atividade experimental investigativa para responder uma pergunta relacionada ao conteúdo densidade.

A experimentação é compreendida como recurso que poderia proporcionar ao(à) estudante uma maior participação no processo de aprendizagem, quando inserido em um ambiente onde possa expor seu conhecimento prévio, sendo direcionado pelo(a) professor(a) no desenvolvimento da habilidade de argumentação.

Foram realizadas duas aulas pré-laboratório para discussão de conceitos julgados necessários à realização da atividade experimental. Em momento seguinte à experimentação foram realizadas discussões mediadas pela professora, sendo esse momento, o objeto de análise do trabalho.

Apesar de os(as) estudantes apresentarem os elementos constituintes do argumento, alguns de seus componentes se apresentaram minimamente ou estavam ausentes. Os autores relacionaram tal resultado ao fato de a professora não ter explorado argumentos mais elaborados, sendo que muitas vezes apenas

completava a fala dos(as) estudantes. Também ressaltaram que a atividade experimental direcionava a uma única solução para o problema, o que pode ter limitado a elaboração dos argumentos. Assim, evidenciamos que a implementação da atividade experimental não é garantia de aprendizagem, a mediação do(a) professor(a) deve favorecer as interações discursivas, para possibilitar o desenvolvimento da argumentação.

Gusmão, Silva e Fontes (2011) apresentaram a pesquisa *“Nutrição para a promoção da saúde: um tema químico social auxiliando na compreensão do conceito de transformação química.”* A proposta consistiu na aplicação de uma oficina em duas turmas do ensino médio, seguindo uma abordagem temática, contextualizada e interdisciplinar, a fim de que o(a) estudante pudesse aplicar os conceitos construídos em situações cotidianas, significando o conhecimento químico e alcançando uma formação cidadã.

Nas atividades experimentais foram realizadas observações acerca de transformações químicas, seguidas de discussões para elaboração de explicações e hipóteses, exploração do nível representacional e elaboração de relatório em grupo. Foram utilizados roteiros para serem respondidos em grupo, um diário de classe que era apresentado ao fim de cada aula e no encerramento da oficina um instrumento de coleta de dados foi utilizado.

Como resultados os autores evidenciaram que em diversos momentos das discussões foram articulados conceitos da Química e áreas afins, bem como foi verificada uma ampliação da zona conceitual dos(as) estudantes.

Miranda *et al* (2013) apresentaram a pesquisa *“Argumentação e habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química: relações com a interação dialógica do professor”*. Na suposição de que as atividades experimentais investigativas podem favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas e argumentativas, investigaram a relação do seu desenvolvimento com as interações estabelecidas pelo(a) professor(a),

O conteúdo de termoquímica foi abordado junto a um grupo de estudantes o segundo ano do ensino médio a partir de uma unidade didática com o tema alimentos. Foram realizadas 9 aulas, sendo que a experimentação foi inserida na terceira e quarta aulas. Foram realizados dois experimentos demonstrativos investigativos articulados com discussões.

Os argumentos e habilidades cognitivas apresentados pelos(as) estudantes foram analisados e as falas da professora, categorizadas de acordo com o nível de interação dialógica. Os autores destacaram que na terceira aula a questão problema só foi discutida ao fim da atividade experimental e que a professora não estimulou a reflexão e elaboração de explicações para o fenômeno, daí as respostas apresentadas serem de baixo nível cognitivo. Observa-se que a experimentação não seguiu uma abordagem investigativa, visto que os(as) estudantes não foram orientados para análise e compreensão do fenômeno, relacionando-o ao problema a ser resolvido.

Na quarta aula os autores destacaram que a professora realizou o experimento e questionou os(as) estudantes sobre sua relação com conceitos já estudados. Percebemos, nesse momento, aspectos da experimentação com caráter comprobatório e ilustrativo, pois pretendia-se evidenciar conteúdos já abordados teoricamente. Também foram obtidas respostas de baixa ordem cognitiva, os(as) estudantes não conseguiram estabelecer conexões entre os conceitos e outros contextos. Apesar disso, as autoras consideraram que a aula teve maior caráter investigativo que a anterior. Observamos que a proposta apresentou uma limitada contribuição no desenvolvimento de habilidades cognitivas, decorrente da maneira como foi conduzida, daí a importância da mediação do(a) professor(a) nas atividades.

Oliveira e Salazar (2013) apresentaram a pesquisa “*Experimentação didática no ensino de química numa perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica*” (PHC). Segundo os autores, essa perspectiva considera que a elaboração do conhecimento é um processo histórico que visa a transformação social. O instrumento metodológico adotado foi a pesquisa colaborativa com o intuito de investigar as contribuições da experimentação didática, inserida nessa perspectiva, para a formação de estudantes do terceiro ano do ensino médio. Na ótica dos autores, a experimentação deve possibilitar situações investigativas, nas quais o conhecimento prévio do(a) estudante seja problematizado em meio a discussões que contribuam para a construção da aprendizagem, pela articulação entre aspectos de sua realidade e os conteúdos abordados.

A etapa em que a experimentação didática foi inserida na intervenção consistiu na “instrumentalização”, que, segundo os autores, corresponde ao momento em que o conteúdo é colocado diante do(a) estudante para sua abstração

e reconstrução. Essa etapa foi antecedida pela exploração das concepções prévias do(a) estudante sobre o tema petróleo, que envolveu a contextualização do tema e sua problematização. Foi proposto aos(às) estudantes a realização de um experimento sobre os sistemas água-óleo e óleo-gasolina e após a observação do fenômeno os(as) estudantes responderam três questões discursivas.

Além disso, foi elaborado pelos(as) estudantes um boletim informativo com o intuito de abordar outras dimensões do tema para verificar o conhecimento construído e a postura que apresentaram diante do conteúdo pela nova significação que teria para eles(as). Por fim, os(as) estudantes puderam expor suas opiniões a respeito da proposta vivenciada por meio de questionário.

Os autores concluíram que o objetivo da experimentação era contextualizar o tema e despertar o interesse do(a) estudante pela aprendizagem, contribuindo para sua compreensão e atuação cidadã. No entanto, sentimos a ausência de discussões mais aprofundadas na análise dos resultados acerca da utilização da experimentação. Os autores afirmam que o tempo de realização das atividades foi insuficiente para identificar mudanças conceituais, porém atestam que o método adotado foi eficiente na abordagem do tema.

Silva *et al* (2013) investigaram como a “*Abordagem do sistema solo planta em atividades experimentais investigativas no ensino médio*” poderia contribuir para o engajamento e desenvolvimento de habilidades em estudantes do primeiro ano do ensino médio.

Foi proposto aos(às) estudantes a elaboração de um plano de cultivo de hortaliças, após questionário para levantamento de suas concepções prévias e contextualização do tema, a partir de texto abordando aspectos do desenvolvimento das plantas. Durante o cultivo foram lançadas situações-problema com o intuito de orientá-los(as) na elaboração de hipóteses e nas observações, as quais foram anotadas em diário de bordo e analisadas de acordo com as habilidades demonstradas e o tipo de conteúdo (conceitual, procedimental e atitudinal).

Segundo os autores, a atividade investigativa propiciou o desenvolvimento de habilidades e conteúdos nas três dimensões e os(as) estudantes demonstraram um grande envolvimento e autonomia, já que se tornaram responsáveis pelo cultivo da horta, controlando variáveis, sendo fundamental a mediação da professora.

Santos, Silva e Quadros (2015) na pesquisa “*A experimentação no ensino de química e a apropriação do conhecimento científico*” analisaram extratos de uma sequência de quatro aulas, com o tema energia e combustão, que faziam parte um projeto realizado em três escolas.

A experimentação é tratada como recurso que poderia auxiliar na significação de conceitos químicos, embora seja pouco utilizada pelos(as) professores(as). Os autores destacaram ainda que a abordagem investigativa se utiliza de situações de ensino que envolvem situações-problema e contextualização.

O primeiro experimento abordava os conceitos de calor e temperatura. Após sua realização e discussão, o professor apresentou os conceitos científicos. Entendemos, pela fala dos autores, que o conhecimento científico foi apresentado após as discussões como se não houvesse relação entre ambos, pensamos que apresentaria maior proficiência, se articulado com as observações experimentais, ou seja, que fosse alcançado em meio às discussões e não apresentado isoladamente.

No segundo experimento foram abordadas as concepções prévias dos(as) estudantes e, após a experimentação, foram discutidos a absorção de calor e o conceito de calor específico no nível submicroscópico e representacional.

O terceiro experimento representou uma reação de combustão, sendo que os autores destacaram que foi considerado um “*show*” pelos(as) estudantes. Ressaltamos o cuidado para que a experimentação não seja encarada apenas como um mero espetáculo. Despertar a atenção do(a) estudante não é garantia de aprendizagem, mais importante que surpreendê-lo(a) seria conduzi-lo(a) na investigação e compreensão do fenômeno. Após os dois últimos experimentos que também representaram o fenômeno de combustão, foi realizada discussão e conclusão das atividades.

Foi tomada para análise pelos autores, a sequência do segundo experimento com uma turma do terceiro ano do ensino médio e também o momento em que uma estudante pediu para realizar um experimento sobre combustão que já fora realizado por ela em uma feira de ciências.

Os autores apontaram que os(as) estudantes conseguiram explicar o fenômeno observado, mas apresentaram dificuldade no nível microscópico. O professor conduziu a discussão e ao fim apresentou o conceito de calor específico. Observamos mais uma vez, que poderia ter ocorrido uma articulação entre a

discussão sobre o experimento e o conceito científico. Com relação ao experimento apresentado pela estudante, foi realizada, segundo os autores, uma discussão interessante, estabelecendo relações com os conceitos do experimento anterior, alcançando o nível submicroscópico.

Freitas e Oliveira (2015) apresentaram a pesquisa “*Experimentação e resolução de problemas com aporte em Ausubel: uma proposta para o ensino de ciências*”, em que foi elaborada uma unidade de ensino potencialmente significativa (UESP) para facilitar a aprendizagem de reações químicas com estudantes do primeiro ano do ensino médio. Durante o texto os autores parecem confundir-se quanto as pretensões da pesquisa, ora se referem ao “ensino” ora à “aprendizagem” como objeto de investigação.

O trabalho apresentou as seguintes etapas: apresentação da proposta para motivar os(as) estudantes à participação, avaliação diagnóstica por meio de teste escrito para identificação dos subconceitos, organizadores prévios (aulas expositivas e dialogadas), orientação para a atividade experimental e realização de quatro experimentos de forma problematizada.

O professor apresentou uma situação-problema e os(as) estudantes, por meio de pesquisas, elaboraram um roteiro experimental e, por conseguinte, realizaram e explicaram o experimento. A etapa seguinte envolveu a avaliação buscando, a partir de todos os registros, evidências de aprendizagem significativa. Por fim, os resultados foram apresentados e discutidos.

Notamos no trabalho uma discussão de maneira superficial, apenas comentou-se que os conceitos foram observados na avaliação diagnóstica de forma mais geral e após as atividades experimentais apresentaram-se de forma mais específica. Sugerimos que o trabalho poderia apresentar e discutir extratos dos registros da intervenção que evidenciassem a aprendizagem como significativa, conforme citado pelos autores.

Rodrigues *et al* (2015) apresentaram a pesquisa “*construindo o conhecimento sobre funções orgânicas por meio da experimentação no desenvolvimento de uma unidade didática*”, em que foi mencionado o caráter lúdico e motivador da experimentação, pela percepção de sua relação com o cotidiano dos(as) estudantes.

Mais uma vez ressaltamos que, como recurso que poderia facilitar a aprendizagem, a experimentação não deve se limitar à abordagem lúdica e

motivadora do tema/conteúdo, visto que a ludicidade e a motivação não são garantia de aprendizagem, bem como não é possível garantir que o(a) estudante sintasse motivado pela experimentação.

A intervenção, nesse estudo, foi realizada com estudantes de três turmas do terceiro ano do ensino médio, onde foram ministradas aulas e, em seguida, entregues roteiros e *kits* para orientação da atividade experimental, que consistiu na produção de perfume, sendo abordadas as principais funções orgânicas. Os autores comentaram que a atividade permitiu a discussão dos resultados e foi seguida da aplicação de questionário, que problematizou os conhecimentos prévios, relacionando-os com o conhecimento científico, com o intuito de verificar a aprendizagem construída e as habilidades desenvolvidas.

Porém, questionamos se esse instrumento seria suficiente para tal verificação. Converte com nosso questionamento o fato de os autores identificarem dificuldades na interpretação e exposição de ideias, daí a importância da utilização de outros instrumentos para a coleta de dados. No entanto, os autores consideraram que a proposta atendeu as expectativas.

A pesquisa "*Química lúdica: experimentos e jogo ludo para compreender conceitos de separação de misturas*" (2015), sem identificação dos autores, compreende a experimentação como recurso motivador e que deve provocar curiosidade no(a) estudante, para que haja confronto entre o conhecimento empírico e o científico, conduzindo à formação cidadã e crítica.

A intervenção teve início com levantamento do conhecimento prévio dos(as) estudantes de uma turma do primeiro ano do ensino médio, a partir de um quiz com situações-problema. Posteriormente, foram realizados cinco experimentos em que foram observados vários tipos de misturas, seguidos da separação de seus componentes e discussão da técnica utilizada. A última etapa da experimentação, que seguiu uma abordagem contextualizada, consistiu na destilação do cafezinho com destilador construído com materiais alternativos.

Após a experimentação foi aplicado o jogo ludo com questões baseadas em vestibulares e, diante das dificuldades apresentadas, os pesquisadores auxiliavam com explicações conceituais. Por fim, os(as) estudantes responderam a três questões avaliativas que abordavam as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais da aula. A socialização das respostas foi a avaliação final sobre a utilização da metodologia.

Com relação à experimentação, os autores apontaram que os(as) estudantes conseguiram identificar os processos de separação, sendo que uma minoria não conseguiu explicá-los. Com relação ao jogo, as respostas foram analisadas a partir das categorias e foi verificado que os(as) estudantes não alcançaram a dimensão conceitual. As perguntas da avaliação final estavam mais voltadas para a opinião dos(as) estudantes acerca da aula e das metodologias adotadas. Pensamos que poderiam ter sido analisados outros aspectos que evidenciassem a efetivação da aprendizagem apontada pelos autores.

Costa, Arnaud e Malheiro (2015) investigaram “*O uso de experimentos em laboratório no ensino de ciências e química*”. Elencaram contribuições do laboratório em situações de ensino, como aprendizagem de conteúdos, compreensão de fenômenos e motivação pela aprendizagem, por outro lado, discorreram sobre dificuldades como insuficiente formação dos(as) professores(as), experimentos que não condizem com a realidade dos(as) estudantes ou quando são realizados sem envolver a reflexão.

Assim, a experimentação poderia ser eficaz quando cria possibilidades para discussão e interpretação de fenômenos relacionados ao contexto dos(as) estudantes. Sozinha ela não garante a aprendizagem e seria ingênuo enxergá-la somente como recurso motivador ou para o desenvolvimento de habilidades manipulativas.

Participaram da pesquisa estudantes pertencentes a duas turmas da sétima série do ensino fundamental e duas turmas do primeiro ano do ensino médio. Cada turma foi dividida em um grupo experimental e outro de controle. Para analisar os resultados foram utilizados quatro testes, com as mesmas questões objetivas e aulas expositivas e experimentais em diferentes momentos. O primeiro teste foi para identificação das concepções prévias dos(as) estudantes. O segundo foi após a realização de aula expositiva. O terceiro teste foi aplicado nos dois grupos, mas somente o experimental foi oportunizado a aulas experimentais antes da aplicação. O último teste foi aplicado um mês após a aplicação do anterior para verificação da retenção da aprendizagem e comparação entre o rendimento dos grupos experimental e controle.

Na aula experimental foram realizados dois experimentos para cada grupo. O primeiro experimento consistiu na identificação de sistemas homogêneos e

heterogêneos e o segundo estava relacionado à construção de um alambique com materiais alternativos, para estudo da técnica destilação.

Na análise dos resultados não foi verificada considerável diferença entre as respostas do grupo controle e do experimental. Os autores assinalaram a experimentação como um complemento à teorização em sala, nesse caso, apresentaria caráter comprobatório. No entanto, destacaram a importância da problematização da experimentação, uma vez que são apontados na literatura melhores resultados dessa abordagem.

Durante a análise dos resultados, os autores afirmaram que a experimentação causou surpresa e promoveu a interação entre os(as) estudantes e caberia ao professor observar em quais conteúdos a experimentação seria “necessária” e em que outros a exposição seria suficiente.

Observamos que há um certo equívoco com relação ao uso da experimentação. Provocar deslumbramento ou promover a interação são aspectos que sozinhos não garantem a ocorrência da aprendizagem, bem como não há conteúdos em que seja indispensável a experimentação, ela deve ser utilizada em situações que o(a) professor(a) perceba a possibilidade de contribuições para a aprendizagem.

Percebemos, pela análise dos trabalhos, que os autores discorrem sobre as possibilidades do uso da experimentação como estratégia facilitadora da aprendizagem. Porém, sua eficácia está associada diretamente a perspectiva adotada. A abordagem investigativa é defendida por propiciar situações de reflexão e discussão para que o(a) estudante, a partir do confronto entre suas concepções prévias e o conhecimento científico, construa conceitos associados ao fenômeno estudado. Observamos, no entanto, que algumas pesquisas apresentaram certo distanciamento da proposta investigativa a que se propuseram e notamos o papel imprescindível do(a) professor(a) na promoção da interação e condução dos(as) estudantes durante a elaboração de argumentos e explicações para os fenômenos experimentais.

## 5 METODOLOGIA

Apresentaremos em seguida o detalhamento do percurso metodológico seguido para alcançar os objetivos da pesquisa. Discorreremos sobre a abordagem adotada, o campo empírico e participantes da pesquisa, bem como os instrumentais para a coleta de dados e como os mesmos foram apreciados e, por fim, detalharemos a proposta didática elaborada.

### 5.1 ASPECTOS DA METODOLOGIA ADOTADA

A pesquisa configura uma abordagem qualitativa que, na concepção de Godoy (1995), objetiva a melhor compreensão de um fenômeno no contexto em que está inserido, cabendo ao pesquisador, com base em uma análise integrada, percebê-lo mediante as perspectivas dos participantes da pesquisa. Chizzotti (2010, pág. 84) complementa que esse tipo de pesquisa procura “compreender a experiência que eles têm, as representações que formam e os conceitos que elaboram. Esses conceitos manifestos, as experiências relatadas ocupam o centro de referência das análises e interpretações”. Nesse sentido, consideramos que a pesquisa qualitativa pode dar suporte à extração de informações relevantes para a compreensão dos múltiplos aspectos do processo de aprendizagem.

A pesquisa é de natureza interventiva, na modalidade pesquisa de aplicação, por acreditarmos que as ações desenvolvidas durante esse estudo condizem com as características da mesma, sugeridas por Teixeira e Megid Neto (2017), como planejamento, aplicação ou execução e análise de dados referentes ao processo, com o intuito de verificar contribuições e/ou limites daquilo que é investigado na intervenção.

Assim, em face dessas considerações, entendemos que a pesquisa qualitativa atende o propósito de responder as inquietações referentes à nossa pergunta de pesquisa “Como o uso da experimentação, em atividades por problematização, pode contribuir para a significação de conceitos químicos junto a um grupo de estudantes do ensino médio”, com ênfase na subjetividade e

interpretação dos fatos, além de permitir flexibilidade no processo de conduzir a pesquisa.

Consideramos ainda que a pesquisa de aplicação pode dar suporte para a geração de conhecimentos importantes auxiliares à compreensão de múltiplos aspectos do processo de aprendizagem em investigação, por permitir descrever a complexidade do problema da pesquisa, compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos e contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos.

## 5.2 CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

O campo empírico escolhido para realização da pesquisa foi o Laboratório de Ciências da Escola Elpídio Barbosa Maciel, a qual integra a Rede Pública Estadual de Pernambuco na cidade de São Bento do Una. Os(as) participantes da pesquisa correspondem a um grupo de 6 estudantes do Ensino Médio da referida escola, constituído a partir da disponibilidade dos mesmos, após apresentação da proposta, de acordo com os seguintes critérios de inclusão: apresentarem dificuldades no conteúdo de eletroquímica e estarem cursando o segundo ano do Ensino Médio. A escolha do público alvo se deu pelas dificuldades que tais estudantes apresentam diante de situações inerentes ao cotidiano escolar que exijam articulação entre o conhecimento científico e contextos diversos. Além disso, os(as) referidos(as) estudantes não são oportunizados(as) a aulas experimentais no laboratório, uma vez que, por não possuir equipamentos e materiais, o espaço que seria destinado ao laboratório tem sido utilizado para outras atividades didáticas.

Em face da situação ora comentada, julgamos relevante salientar que no processo de ensino-aprendizagem, o sentido dado à experimentação é mais amplo do que uma técnica/recurso para a construção de conhecimento. Sendo assim, entendemos a experimentação como vivência que estimule o(a) estudante a refletir sobre a realidade a partir da relação com situações/fatos/processos que produzam dúvidas e questionamentos, sem que se tenha, necessariamente o uso de materiais e/ou equipamentos sofisticados.

### 5.3 INSTRUMENTAIS PARA COLETA DOS DADOS

Para a coleta de dados foram utilizados como instrumentais de pesquisa, entrevistas semiestruturadas, nas quais há um roteiro com perguntas orientadoras (apêndice A), que são complementadas de acordo com as circunstâncias surgidas durante a entrevista (MANZINI, 2004). Assim, é possível que o(a) entrevistador(a), se necessário, direcione-a para uma maior clareza e enriquecimento dos dados. Destacamos que as entrevistas foram realizadas a *priori* e a *posteriori* com o intuito de perceber ideias prévias e ampliação da zona conceitual dos(as) estudantes.

Utilizamos também a observação participante, que na concepção de Chizzotti (2010, pág. 90) “é obtida por meio do contato direto do pesquisador com o fenômeno observado, para recolher as ações dos atores em seu contexto natural, a partir de sua perspectiva e seus pontos de vista”. Assim, pensamos que as interações estabelecidas durante a intervenção, podem fornecer informações relevantes para uma melhor compreensão do objeto de estudo. Nesse sentido, Oliveira (2016, pág. 81) sugere que os(as) participantes devem ser questionados(as) sobre “atos e seus significados por meio de um constante diálogo”. Daí a relevância da problematização do conhecimento prévio dos(as) estudantes de forma a direcioná-los para a compreensão do fenômeno em estudo.

Complementando, Chizzoti (2010, pág. 91) destaca a importância de “cuidados e um registro adequado para garantir a fiabilidade e pertinência dos dados e para eliminar impressões meramente emotivas, deformações subjetivas e interpretações fluidas, sem dados comprobatórios.” Nesse sentido, as entrevistas semiestruturadas, bem como a observação participante foram registradas em áudio para posterior análise de seus extratos.

### 5.4 APRECIÇÃO DOS DADOS

Para o tratamento dos dados, foi realizada a transcrição do conteúdo presente na áudio gravação, coletado a partir das entrevistas semiestruturadas e da

observação participante e, em seguida, seus extratos foram categorizados à luz da proposta da análise de conteúdo, segundo Bardin (1997). Portanto, pretendeu-se compreender, através das relações comunicativas, os fatores referentes ao problema estudado, por meio dos conteúdos das falas e das ideias apresentadas pelos(as) participantes. Chizzotti (2010, pág. 98) completa que seu objetivo é “compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas.” Nesse sentido, foram analisados, por meio da categorização, as relações que o(a) estudante estabeleceu, as dificuldades que apresentou, os argumentos construídos e se o mesmo conseguiu articular os conceitos químicos para a compreensão da corrosão.

## 5.5 PROPOSTA DIDÁTICA

A intervenção foi desenvolvida a partir da aplicação de uma sequência didática (apêndice C), na qual os(as) participantes do estudo foram submetidos(as) a dinâmicas problematizadoras, a partir de situação-problema (apêndice B), perspectivando principalmente, a articulação de conceitos químicos para compreensão do tema corrosão. Quando oportuno, recorreremos à experimentação como suporte para que o(a) estudante conseguisse articular observações experimentais e contextos diversos e, possivelmente, alcançar a significação conceitual.

## 5.6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O momento inicial da SD consistiu na exibição de um vídeo que explorava os tipos de fratura óssea, objetivando envolver os(as) estudantes com o tema, a partir da exposição de experiências pessoais. Em seguida, apresentamos a situação-problema (apêndice B), criando um ambiente de discussão, no qual pudéssemos sondar o posicionamento momentâneo dos(as) estudantes acerca do tema.

Iniciamos a investigação para solucionar a situação-problema, discutindo o tipo de material utilizado em placas para reestruturação óssea e, em meio a tal discussão, simulamos a corrosão, por meio da construção de uma fila de reatividade dos metais, caracterizando-a como fenômeno associado à oxidação. Na simulação, utilizamos os metais magnésio, ferro, cobre, zinco e platina em solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Considerando-se que alguns/algumas estudantes, durante as entrevistas, definiram a corrosão e a ferrugem como um mesmo fenômeno, apresentamos imagens que representavam a oxidação, a corrosão e a ferrugem, a fim de que os(as) estudantes pudessem caracterizá-los, associando-os entre si e à situação experimental realizada anteriormente.

Em continuidade à compreensão do fenômeno corrosão, simulamos a redução, utilizando ferro metálico e uma solução de sulfato de cobre, para que os(as) estudantes pudessem caracterizá-la como fenômeno simultâneo à oxidação, conectando a reação redox do ensaio à interação da placa no organismo.

Em seguida, os(as) estudantes leram e discutiram um texto que versava sobre as propriedades e aplicabilidade dos metais, destacando-se a possibilidade de sofrerem ou não corrosão quando utilizados no organismo humano. Para fomentar a discussão, simulamos por meio de *software* a estrutura submicroscópica dos metais, associando-a às propriedades periódicas raio atômico, energia de ionização, eletronegatividade e eletropositividade, em conexão com o fenômeno da placa.

Por conseguinte, simulamos o fenômeno ocorrido quando implantada uma placa metálica no organismo, utilizando o modelo de cartas, para representação matemática de uma reação de oxirredução, identificando a natureza dos reagentes, com o intuito de aprofundar a compreensão acerca do processo de transferência de elétrons.

Em seguida, retomamos os conceitos de oxidação e redução para definição do potencial redox, estabelecendo relações com materiais inertes e seu comportamento no organismo humano. Posteriormente, discutimos a estabilidade dos metais, explorando os aspectos sociais envolvidos na escolha do material constituinte da placa. Por fim, retomamos a situação-problema para discussão dos argumentos construídos, associando a estabilidade da platina a sua utilização em implante para reestruturação óssea.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para a análise dos dados relativos à investigação com os(as) estudantes, apresentaremos adiante a trilha percorrida durante a intervenção para a resolução da situação-problema, destacando momentos considerados imprescindíveis para compreensão de como se deu a construção de argumentos pelos(as) estudantes, a partir da qual foi possível fazer inferências de um melhor estado de compreensão do tema, em articulação com conteúdos de eletroquímica, bem como, maior significação de conceitos de eletroquímica, após a intervenção. Destacamos que os(as) estudantes participantes da pesquisa foram nomeados no decorrer do texto pelas letras do alfabeto (A, B, C, D, E e F) com o intuito de garantir o seu anonimato.

### 6.1 TRILHA PARA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Conforme descrito na metodologia, o momento inicial da intervenção consistiu na apresentação de um vídeo abordando os tipos de fratura óssea, contexto inserido na situação-problema, com o intuito de envolver os(as) estudantes com o tema a partir da exposição de experiências pessoais. Daí, surgiram alguns relatos por parte dos(as) estudantes, a estudante F comentou (*meu padrasto já sofreu três fraturas e tem platina do joelho pra baixo, na perna*), a estudante B contou sobre um vizinho (*ele tem um monte de marca na perna*), a estudante E comentou de um conhecido (*tem ferro no braço*) e o estudante D apresentou o caso de um colega de turma (*... da nossa sala... ele tem platina no braço*).

Aproveitando as experiências expostas pelo grupo, em especial o fato de terem citado a platina e o ferro, apresentamos a situação-problema (Apêndice A), solicitando que se expressassem acerca da mesma. A estudante F se pronunciou (*eu acho que não, se tivesse a possibilidade de usar outro metal eles fariam*). Questionamos a escolha da platina para compor a placa e a mesma estudante sugeriu (*sei lá ... Eu acho que ela tem algum material que ajuda na sustentação do osso*). Questionamos ainda porque a situação-problema fazia referência à

possibilidade de utilização de outro metal ao invés de outro material e a estudante supracitada continuou (*acho que é porque o metal tem mais resistência*).

Uma análise inicial evidencia que alguns(as) estudantes já conseguiram fazer associação do vídeo com experiências vivenciadas na própria comunidade escolar, além de apresentarem algum conhecimento a respeito do uso da platina. Todavia, a estudante E se equivocou, ao afirmar que um conhecido tem ferro no braço o que, provavelmente, está associado ao fato de ter confundido o ferro como qualquer metal ou mesmo à falta de compreensão sobre reações redox e corrosão, visto que a principal diferença entre os metais platina e ferro é que o primeiro é um material inerte e, por isso, muito resistente à oxidação, enquanto o segundo, oxida facilmente.

Destacamos aqui que a problematização inserida por meio da situação-problema tinha por objetivo gerar inquietações nos(as) estudantes para que os(as) mesmos(as) fossem conduzidos(as) durante a investigação, a construir conhecimentos de forma perspectivamente significativa, conforme Ausubel (1963).

A partir da discussão, iniciamos a investigação, explicando a simulação que seria realizada (*...vamos simular o que aconteceria com alguns metais se fossem utilizados em uma placa... a gente simula... e observa o que pode acontecer, a partir daí, a gente vai construindo argumentos quanto à possibilidade de utilização do metal no organismo*). Atentamos às considerações de Suart (2014, pág. 74) sobre “...a necessidade de a experimentação partir de uma situação-problema, de interesse do aluno, a fim de que este se motive e veja necessidade em aprender o conteúdo a ser desenvolvido”.

Nesse sentido, demos início à simulação da oxidação, solicitando aos(as) estudantes que observassem e anotassem possíveis evidências de transformações químicas de cada metal e o tempo decorrido até que fossem percebidas essas transformações.

Da simulação com o magnésio, esperávamos que os(as) estudantes pudessem estabelecer relações de corrosão do metal extensiva à sua utilização no organismo humano. Eles(as) observaram uma transformação no magnésio, e fizeram colocações, do tipo (*ele tá tipo corroendo... se desfazendo*). Observamos que os(as) estudantes, nesse momento, já associavam a corrosão à degradação do material, porém ainda não sabiam fundamentar o fenômeno. Questionamos acerca do que os(as) levava a elaborar tais pensamentos e obtivemos as seguintes

respostas: estudante F (... *é como se estivesse se desfazendo*), possivelmente associando a fragmentação e mudança de cor à transformação química; estudante B (*tá ficando branco*), aparentemente seguindo a mesma linha de raciocínio da estudante F; estudante E (*tá soltando umas bolhas*), aqui mais uma referência à caracterização de reação química.

Questionamos acerca das bolhas liberadas e para auxiliá-los na resposta apresentamos o símbolo do magnésio e a fórmula molecular do ácido sulfúrico e um dos estudantes disse (*tá liberando oxigênio e hidrogênio... não, acho que tá liberando hidrogênio*), confirmando a compreensão da ocorrência da transformação química.

Pedimos que respondessem, a partir das observações feitas, se o magnésio poderia ser utilizado numa placa para reestruturação óssea e todos(as) prontamente responderam que não, sendo que um dos estudantes justificou (*começa que ele tá se desfazendo, né?!*), remetendo a uma situação indesejada no organismo humano. Pensamos poder inferir que os(as) estudantes já articulavam a necessidade da estabilidade do metal quanto à corrosão para utilização do mesmo em placas para reestruturação óssea

Na simulação com o ferro, pedimos aos(as) estudantes que fizessem um comparativo com relação ao magnésio, prevendo o que aconteceria (*eu acho que vai ser mais rápido*), opinou a estudante B, já a estudante F discordou (*acho que vai ser mais devagar*). Durante a simulação o estudante A observou (*tá se formando bolhas de gás...*) e a estudante F concluiu (*esse daqui demoraria mais*). Questionamos se tivéssemos que escolher entre o magnésio e o ferro e a estudante F respondeu (*seria o ferro porque ele demora mais a corroer...*).

Percebemos, mais uma vez, que os(as) estudantes já conseguiam observar o fenômeno da corrosão, relacionando-o à constituição da placa para reestruturação óssea. Julgamos relevante o questionamento da estudante F (*essa comparação do ácido, é que no nosso corpo o ácido é mais ou menos assim?*). Discutimos a utilização do ácido como forma de facilitar a simulação e que, apesar de ele não necessariamente estar presente no organismo, havia outras substâncias que poderiam agir semelhantemente. Os(as) estudantes concluíram suas observações, afirmando que o ferro enferrujou e também não seria ideal para utilização numa placa para reestruturação óssea.

Na simulação com o cobre questionamos se esperavam que ele fosse mais reativo que os metais já testados. A estudante F se posicionou (*tem cara de ser menos*). Após a observação, todos concluíram que não ocorreu reação química e que, portanto, ele poderia ser utilizado numa placa.

Com a simulação utilizando o zinco eles(as) pensaram ser esse o metal mais reativo por terem observado a liberação de gás de forma mais acelerada. Deixamos essa discussão para um momento posterior a fim de que eles(as) pudessem observar os experimentos após certo tempo e comparar todos os metais.

Na simulação com a platina relacionamos a pequena amostra disponível para o experimento ao fato de ser um material caro, como retratado na situação-problema. Após as observações, os(as) estudantes apontaram que não ocorreu reação química e que, por isso, também poderia ser utilizada na placa.

Terminadas as simulações pedimos aos(as) estudantes que observassem todos os experimentos realizados e construíssem uma fila de reatividade dos metais em ordem decrescente de reatividade. Um dos estudantes questionou se o cobre seria mais barato que a platina e dissemos que pelas amostras disponíveis poderíamos levantar alguma hipótese e a estudante F supôs (*a platina seria mais cara... Mas eles sabem que o cobre também poderia ser usado?*), referindo-se aos profissionais de saúde. Assim, pedimos que todos(as) refletissem sobre a possibilidade de utilização do cobre na placa.

Antes que dessem início à construção da fila de reatividade em ordem decrescente, questionamos sobre o que levaria um metal a ser ou não reativo. Como todos(as) silenciaram, pedimos que imaginassem o átomo e perguntamos o que os átomos de cobre e magnésio teriam de diferente. Um dos estudantes sugeriu que seria o tamanho, mas ao questionarmos se o átomo reativo seria o maior ou menor, a estudante F respondeu (*acho que o menor seria mais reativo, como ele é menor seria mais fácil*). Nota-se que os(as) estudantes apesar de associarem à reatividade ao tamanho do átomo, ainda não conseguiam associar o tamanho à facilidade/dificuldade em doar elétrons. Todos(as) os(as) estudantes construíram a fila de reatividade em ordem decrescente da mesma forma, como representado a seguir:

zinco > magnésio > ferro > cobre > platina

A partir da fila de reatividade apresentada, entendemos que os(as) estudantes conseguiram realizar conexões coerentes entre as discussões estabelecidas durante a experimentação e o conceito de reatividade dos metais, o que demonstra o processo de atribuição de significado ao que aprendiam, conforme a perspectiva de Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2001).

No entanto, notando a diferença entre a fila de reatividade construída pelos(as) estudantes e a que se encontra na literatura, com relação às posições dos metais zinco e magnésio, perguntamos se concluíam que o zinco seria o metal menos indicado e a platina o mais ideal para utilização em placa para reestruturação óssea e todos(as) afirmaram que sim. Em seguida, apresentamos a fila de reatividade presente na literatura, para que pudessem comparar com a que tinham construído.

De imediato os(as) estudantes perceberam a diferença nas posições do zinco e magnésio (*o zinco e o magnésio estão invertidos*), comentou um estudante. Para que pudessem explicar essa diferença, pedimos que observassem novamente os experimentos e a estudante F fez duas considerações acerca do magnésio (*ele tá mais corroído e mudou de cor mais rápido*), demonstrando que conseguiu associar a corrosão ao desgaste do metal e à mudança na coloração, que caracteriza a transformação química. Mostramos ainda amostras desses metais que não foram utilizadas nos experimentos para facilitar a percepção das mudanças ocorridas, sendo que eles(as) concluíram que o magnésio, e não o zinco, seria o metal mais reativo, o que demonstra a abstração do conceito de reatividade dos metais, a partir de evidências que emergiram na simulação, convergindo para o fortalecimento da inferência de que os(as) estudantes conseguiram relacionar de forma substancial as novas informações a sua estrutura cognitiva, alcançando a significação conceitual, segundo Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2001).

Seguida à discussão sobre a reatividade dos metais, expusemos imagens ilustrativas sobre os fenômenos oxidação, ferrugem e corrosão com o intuito de auxiliá-los na diferenciação entre tais fenômenos, uma vez que, nas situações de entrevistas alguns(as) estudantes pensavam tratar-se de um mesmo fenômeno. Ao fim dessa discussão, retomamos a situação-problema e alguns/algumas estudantes permaneciam com o pensamento que não poderia ser utilizado outro metal em substituição à platina, apesar de ter sido sugerido por outros(as) a possibilidade de utilização do cobre. Explicaram também que o critério

de exclusão do material para constituir a placa seria a facilidade de reagir. Destacamos que poderíamos chamar esse critério de reatividade e que quanto mais reativo o metal, menos ideal para utilização na placa.

No segundo encontro foi retomada a situação-problema e eles(as) reafirmaram que não poderia ser utilizado outro metal como substituto da platina, porém a estudante F comentou (*tem o cobre...*). O estudante A e a estudante C comentaram, que o cobre e a platina não sofreram corrosão e a estudante B concordou. Retomamos o questionamento da estudante F (*porque eles não utilizam o cobre? Se ele também não sofreu corrosão?*) e a própria estudante comentou (*é mais barato que a platina... Eles não vão ser besta de utilizar um produto que é mais barato podendo ganhar com um que é mais caro*). Questionamos se haveria outra característica importante além da estabilidade quanto à corrosão (*será que há outro critério para a escolha do material, além de não sofrer corrosão?*). Eles(as) opinaram que devia existir, mas não conseguiram chegar a uma definição. Perguntamos, então, se poderia ser utilizado qualquer material no organismo, eles(as) afirmaram que não e silenciaram, então citamos o plástico como exemplo, assim um dos estudantes comentou (*não ia sustentar, né?!*).

Sobre a possível rejeição do material por parte do organismo a estudante B supôs que haveria tal possibilidade, e a partir de tal situação, abordamos o sistema de defesa do organismo humano, enfatizando que alguns materiais são identificados como perigosos e poderiam ser rejeitados, levando-os(as) à conclusão que essa poderia ser uma explicação para a não utilização do cobre na placa.

Quando da simulação da redução, com ferro imerso em solução de sulfato de cobre, ressaltamos que simularíamos mais uma vez a utilização do ferro numa placa e eles(as) comentaram (*já começou a soltar alguns “trocinhos” aqui... agora quase não dá pra perceber que foi mudando como nos outros, porque não liberou gás, não porque tinha dado pra ver...*), outro estudante observou (*ele já tá enferrujando*). Ao fazerem a comparação entre a solução no experimento e o que restara da amostra da solução de sulfato de cobre, perceberam (*tá mais claro o da reação*), (*olha como tá claro!*), (*esse tá mais claro*), (*ele tá enferrujando, mas não tá liberando gás...*). Tais inquietações emergiram da incompreensão de que os metais também podem sofrer redução. Pedimos que resumissem suas observações e a estudante F apresentou (*enferrujou e mudou a cor da solução*). Expusemos no

quadro as fórmulas das substâncias envolvidas na reação, o ferro e o sulfato de cobre, e questionamos se o ferro ou o cobre haviam sofrido corrosão ou oxidação, então a estudante F respondeu (*acho que não, só vi o ferrugem... mas pra ter o ferrugem num tem que acontecer...*) e o estudante D completou (*a oxidação!*). Quando questionamos qual deles sofreu oxidação, a estudante E sugeriu que teria sido o ferro e a partir dessa resposta discutimos a redução como fenômeno inverso à oxidação. Questionamos ainda porque a oxidação não aconteceu com o cobre e a estudante F opinou inicialmente (*porque “tava” em solução?*). Pedimos que retomassem a fila de reatividade, perguntando porque o ferro sofreu oxidação e a estudante supracitada respondeu (*porque é mais reativo*), em seu posicionamento a estudante associou o fato de o íon em solução ter menor tendência de oxidar, remetendo à discussão do número de oxidação e também estabeleceu relação com a fila de reatividade para explicar o fato de o ferro oxidar. Discutimos, assim, a relação entre a reatividade e a tendência à oxidação, destacando a simultaneidade entre a oxidação e a redução, apresentando a classificação da reação como redox.

Durante leitura e discussão do texto sobre os metais, retomamos as ideias já apresentadas pelos estudantes e no trecho que tratava da corrosão, citando a doação de elétrons, o estudante D afirmou que seria o metal o doador de elétrons. Aparentemente, até esse momento, tal estudante ainda apresentou abstração do fenômeno de redução. Relembramos a simulação da redução e questionamos quem havia doado elétrons, eles apontaram que o ferro tinha doado elétrons ao cobre. Discutimos que a redução do cobre, nesse contexto, estava associada à tendência ao recebimento de elétrons do ferro, uma vez que esse é mais reativo.

Após simulação por meio de *software* que associava as características redox à estrutura submicroscópica dos metais, discutimos a eletropositividade e questionamos (*se um átomo é eletropositivo ele tem pouca afinidade por elétron*) e o estudante D completou (*ele doa seu elétron*) e concluiu que isso culminaria na oxidação do material que doou elétrons e promoveu a redução no outro com quem interagiu. Daí discutimos a necessidade de não ser escolhido um metal eletropositivo para compor a placa para reestruturação óssea.

No terceiro encontro, retomamos a situação-problema (*a gente quer entender se é possível...*) e a estudante F completou (*ter outro metal para fazer a função da platina nas placas*). Questionados(as) sobre o que acontecera com os metais na atividade experimental que simulou a oxidação, eles(as) afirmaram que

alguns oxidaram e corroeram. Mostramos imagens do experimento que simulou a redução após um dia, e surgiram alguns comentários (*tá bem enferrujado*), (*tá bem destruído, né?!*).

Ao fim da atividade utilizando o modelo de cartas para representação matemática de uma reação de oxirredução abordamos o potencial redox, discutindo que um dos critérios para a escolha do material constituinte das placas seria não apresentar tendência a participar do processo de oxirredução. Daí a opção por metais nobres e inertes como a platina.

Para finalizar a intervenção fizemos uma retomada de todas as discussões. Os(as) estudantes lembraram que simulamos na atividade experimental o comportamento que alguns metais poderiam apresentar, se utilizados numa placa, sendo observado, por um dos estudantes, que (*houve oxidação e corrosão*), com exceção do cobre e da platina (*só cobre e platina que não tiveram nada*). Sobre o experimento que simulou a redução, eles(as) afirmaram (*aconteceu a oxidação e corrosão com o ferro*). É perceptível que os(as) estudantes encontravam-se, nesse momento, num estágio de melhor apropriação do conceito de oxidação, entendida como o início de degradação do metal e de corrosão, como o desgaste do metal a partir da oxidação. O estudante A ainda citou a redução como processo simultâneo à oxidação, classificando o fenômeno como redox (*a oxidação e a redução acontecem ao mesmo tempo... é a redox*). E quando questionados sobre o que aconteceria no processo redox, a estudante F respondeu (*ganho e perda de elétrons*). Ao relacionar o ganho e a perda de elétrons no processo redox, a estudante demonstrou melhor apropriação do processo como um todo. Relembramos o modelo atômico de Bohr, em seguida questionamos a diferença entre o átomo de magnésio e o átomo de platina, alguns deles(as) responderam que seria o tamanho, mas confundiram-se ao sugerir que a platina seria maior.

Contudo, ao lembrarmos a discussão sobre a interação entre as cargas elétricas no átomo, eles(as) sugeriram que o átomo maior teria mais facilidade para doar elétrons, daí concluíram que o magnésio é mais propício a sofrer oxidação, conforme apresentado na fila de reatividade. Embora saibamos que outro fator que pode influenciar a tendência à doação de elétrons é a carga nuclear efetiva, que é o efeito de blindagem em cada elétron de um átomo, provocado pelos elétrons do mesmo nível de energia e pelos elétrons de níveis mais internos.

Ao retomarmos o conceito de eletropositividade, eles(as) mencionaram a tendência de doar elétron, associando-a à oxidação. E encerramos lembrando que a platina não apresenta essa facilidade, tratando-se de metal inerte. Podemos inferir que, nesse momento da intervenção, o fato de os(as) estudantes associarem a oxidação à eletropositividade e perceberem a platina como metal inerte, demonstrou maior abstração do fenômeno corrosão.

Por fim pedimos que retomassem as ideias escritas inicialmente acerca da situação-problema, observando a necessidade de algum acréscimo ou modificação. Após as respostas serem refeitas, cada estudante leu as respostas de um outro. Destacamos que um dos estudantes citou que a platina não enferruja. Daí pedimos que diferenciassem corrosão, ferrugem e oxidação e a estudante F logo respondeu (*ferrugem é só no ferro*), sobre a oxidação definiu (*perda de elétrons*) e conceituou a corrosão como (*destruição do material*). Podemos inferir, a partir dessa diferenciação, que a sequência de ações e reflexões no decorrer da trilha promoveu a diferenciação progressiva de conceitos, um dos princípios facilitadores da aprendizagem significativa, segundo Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2001).

Sobre a resposta à situação-problema, concluíram que poderia ser usado outro material na placa (*desde que revestido com platina*), destacou a estudante F. A opção por um metal seria porque (*é forte o suficiente para sustentar*), mas deveria apresentar como característica (*não ocorrer redox*), finalizaram. E encerramos com a discussão (*então são essas as condições... um material que permita que o osso se reestruture, que seja inerte, não tenha perigo das substâncias que estão no nosso corpo atacarem esse metal e ele sofrer oxidação e corrosão*).

No decorrer da investigação buscamos oportunizar aos(às) estudantes a vivência de situações em que pudessem discutir e confrontar suas concepções com novas informações de modo a auxiliá-los na formulação de hipóteses, sistematização de informações e composição de argumentos de modo que na busca pela resolução da situação-problema significassem criticamente o conhecimento construído, conforme Moreira (2010). Apresentamos no quadro 2 a reunião de alguns trechos das ideias iniciais dos(as) estudantes acerca da situação-problema e a resolução apresentada ao fim da intervenção.

Quadro 2 – Ideias apresentadas pelos(as) estudantes acerca da situação-problema antes e após a intervenção.

Estudante	Ideias iniciais	Resposta final
A	<i>Não, porque a platina é um metal que não sofre corrosão.</i>	<i>Sim, se revestir o outro metal com a platina. Porque a platina não sofre corrosão, por isso que não tem como colocar outro metal para consolidar a estrutura óssea. Só se a platina estiver revestindo esse metal.</i>
B	<i>Acho que não poderia ser usado outro metal no lugar da platina, pois caso existisse outras opções não usariam tanto a platina.</i>	<i>Mudando de opinião, poderia ser usado outro metal, mas tem muitos porém, será que o corpo iria se dar com o metal?</i>
C	<i>Não porque a platina não enferruja, é bom pra ir juntando a fratura.</i>	<i>Não, porque a platina não enferruja e é bastante resistente. A platina também serve para “junta” a fratura...</i>
D	<i>A platina serve para sustentar o osso e ela não é corrosiva.</i>	<i>Sim, poderia misturar a platina com outro metal que não fosse tão reagente sendo assim barateava os custos do implante, com a platina revestindo outro material.</i>
E	<i>Não, porque platina não enferruja e se tivesse outro tipo de ferro com certeza os médicos indicariam.</i>	<i>Sim e não, não porque não é certo usar outro tipo de ferro a não ser o ouro, e sim porque... é usado... um ferro qualquer coberto por platina.</i>
F	<i>Creio que não, devido a</i>	<i>A platina como falei tem as</i>

	<p><i>achar que se tivesse a opção de outros metais os médicos fariam para ter a opção de escolha do paciente. E a platina deve ter as propriedades necessárias para tal coisa.</i></p>	<p><i>propriedades essenciais. O problema seria o custo, mas ainda assim não se torna “ipensilio”. Tem também o fato da dúvida, já se tem a certeza do sucesso com a platina.</i></p>
--	---	---

Fonte: Produção dos autores.

Observamos, pelas respostas apresentadas no quadro 2, que o desenvolvimento da capacidade de compreensão de fenômenos e conceitos se deu a partir da discussão das ideias apresentadas pelos(as) estudantes, em confronto com o conhecimento científico. Os(as) estudantes, em sua maioria, apresentaram resoluções coerentes para a situação-problema ao fim da intervenção e, embora, esse desenvolvimento não tenha ocorrido no mesmo nível para todos(as), em decorrência da maneira como cada estudante relacionou as novas informações aos seus subsunçores, ressaltamos que os processos cognitivos, argumentativos e as interações estabelecidas durante a problematização são os resultados mais relevantes, conforme sugeriu Suart (2014) e a experimentação, nesse contexto, cumpriu sua função na promoção de discussões que conduzissem à significação do conhecimento científico (GIANI, 2010).

## 6.2 CATEGORIAS DE ANÁLISE E DESDOBRAMENTOS DAS ENTREVISTAS E DA OBSERVAÇÃO

Em continuidade à análise dos dados referentes à investigação, apresentaremos categorias que emergiram da discussão do tema durante a intervenção e que foram contempladas em diversos momentos das entrevistas. Julgamos que tais categorias são pertinentes na abordagem do tema proposto, assim, elas são apresentadas no quadro 3.

Quadro 3-Categorias evidenciadas a partir das falas dos(as) estudantes nas entrevistas.

Categorias	Antes da intervenção						Após a intervenção					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
a) Compreensão acerca da corrosão												
b) Caracterização da ferrugem como produto da corrosão												
c) Identificação da corrosão em situações do cotidiano												
d) Associação entre corrosão e reatividade												
e) Compreensões acerca do processo redox												

Fonte: Produção dos Autores.

As categorias serão discutidas adiante, a partir de extratos das falas dos(as) estudantes, com respaldo em aspectos evidenciados por meio da observação participante.

### 6.2.1 Compreensão acerca da corrosão

Na presente categoria fizemos um comparativo entre as ideias sobre corrosão apresentadas pelos(as) estudantes antes e após a intervenção, na pretensão de verificarmos se a sequência didática vivenciada possibilitou maior abstração, por parte dos(as) estudantes acerca do fenômeno corrosão.

O estudante A inicialmente não conseguiu apresentar ideias sobre a corrosão, apenas associou à ferrugem e silenciou. Após a intervenção, quando questionado sobre o que entendia por corrosão, afirmou (*“tá” desgastando*), e sobre a causa do desgaste, explicou (*porque “tá” sofrendo oxidação*), mas não conseguiu definir a oxidação como fenômeno em que ocorre a doação de elétrons.

A estudante B também não apresentou ideias sobre a corrosão no primeiro momento, mas quando instigada a pensar sobre o que significaria dizer que um material estava corroído, pediu que fosse dado um exemplo de material. Ao citarmos o ferro, de imediato associou a corrosão à ferrugem, caracterizando-a da seguinte forma (*acho que é quando ele está velho demais, é ... ele vai ficando mais crespo quando tá enferrujado, muda de cor*). Após a intervenção a estudante já apresentou uma fala mais elaborada acerca do fenômeno (*corrosão é quando um material, tipo ele “tá” se acabando, entendeu? Tá perdendo o brilho dele, perde a cobertura de cima*) Em outro momento ainda acrescentou (*... está destruindo o material*). Notamos, assim, que a estudante, aparentemente tinha uma melhor compreensão do fenômeno corrosão após a intervenção, pois não só fez menção ao desgaste do material, como associou algumas transformações, como a mudança de coloração e a perda de brilho, a esse desgaste, que são características da ocorrência de reação química, necessária para que ocorra a corrosão.

A estudante C também demonstrou dificuldades em apresentar ideias sobre a corrosão antes da intervenção, somente associou com o ato de jogar fora algum material sem utilidade (*é assim, jogar fora? Alguma coisa assim?*). Mesmo sendo instigada a associar a corrosão a conceitos químicos, apresentou ideia equivalente (*corrosão é tipo a gente utiliza, aí quando a gente não quer mais, joga. É assim?*) No segundo momento, conseguiu caracterizar a corrosão como o desgaste de um material, mas ainda estava presente a ideia de inutilidade (*é um metal que às vezes se desfaz, pode ser que jogue no lixo também*). A partir das ideias apresentadas pela estudante, é possível inferir que o processo pouco contribuiu para abstração do conceito de corrosão.

O estudante D no primeiro momento associou a corrosão à ferrugem, mas após a intervenção, quando questionado sobre o que era observado na corrosão, o mesmo caracterizou o fenômeno como desgaste do material (*ele “tá” mudando a forma, fica com tonalidade diferente, está se desgastando*). Identificamos, portanto, que a intervenção contribuiu para que o estudante

conseguisse caracterizar a corrosão como um fenômeno mais abrangente e não apenas como ferrugem (produto da oxidação de materiais que contenham ferro em sua composição).

A estudante E inicialmente não conseguiu fazer associação alguma com a corrosão. No entanto, após a intervenção quando questionada sobre o que aconteceria com um material na corrosão, associou à sua deterioração (*“tá” se desmanchando*).

A estudante F quando questionada, antes da intervenção, sobre o que entendia por corrosão afirmou (*corrosão eu acho que é tipo, já pelo nome já fala, é algo que corrói*). Questionada ainda sobre o significado de “corroer”, respondeu (*destruir, tipo corroer, não sei como explicar corroer, o nome já fala... corrosão, corroer, algo que destrói, uma definição*). Apesar de no momento inicial a estudante ter relacionado a corrosão à destruição, apenas no segundo momento, apresentou uma definição mais coerente (*corrosão seria algo se desfazendo, se destruindo*). Embora tenha utilizado linguagem mais coloquial, entendemos que a estudante referia-se ao desgaste do material.

Por meio da análise das ideias apresentadas pelos(as) estudantes, a priori e a posteriori, percebemos possíveis indícios de melhor compreensão do tema, uma vez que no momento inicial duas estudantes não fizeram relações relevantes a partir do tema, outros três conseguiram apenas associar a corrosão à ferrugem e somente uma conseguiu associá-la à destruição do material.

Todavia, após a intervenção todos(as) apresentaram concepções coerentes sobre corrosão, as quais foram identificadas pelo uso de termos como “destruindo”, “desgastando”, “desmanchando”, “se desfaz”, assemelhando-se à definição do fenômeno como a deterioração de um material pela interação com o meio, resultando em alterações como o desgaste, conforme Gentil (1998). Assim, pensamos que as inquietações provocadas nos estudantes durante a intervenção, por meio da problematização, contribuíram para melhor compreensão do fenômeno em estudo, utilizando-se do conhecimento científico, segundo a perspectiva de Bachelard (1996).

### **6.2.2 Caracterização da ferrugem como produto da corrosão**

A categoria foi contemplada no momento inicial por três estudantes e pelo mesmo quantitativo após a intervenção. A estudante B associou a corrosão à ferrugem apenas no momento anterior à intervenção quando citamos, após solicitação, o ferro como exemplo de material que sofreria corrosão (*corrosão... né quando ele enferruja, não né?!*) e apresentou como causa o contato com a água (*acho que quando chove muito e o ferro tá no meio da rua ou em lugar aberto, eu acho que se ele levar muita chuva acho que causa também ferrugem.*) A estudante F, por sua vez, citou a ferrugem também no momento inicial, quando questionada se identificava a corrosão em situações cotidianas (*eu acho que o processo de enferrujamento ou... acho que só*). As falas das duas estudantes supracitadas indicam que tratavam a corrosão e a ferrugem como um mesmo fenômeno, embora tenham apresentado limitações na abstração do conceito, associando corrosão apenas ao ferro.

A estudante C citou a ferrugem apenas no segundo momento, remetendo à situação experimental em que foi simulada a redução, mencionando a transformação observada no ferro (*ficou se desfazendo, mudou a cor e enferrujou.*). A estudante E fez menção à ferrugem também no segundo momento, quando questionada sobre o que aconteceria com o material na corrosão (*é o que "tá" enferrujando, não né?!).* Percebemos que as estudantes, mesmo após a intervenção, não conseguiam associar os fenômenos de maneira satisfatória.

O estudante A citou a ferrugem em dois momentos. Inicialmente ao ser questionado sobre o que seria a corrosão (*tem a ver com ferrugem, né?! Ou não?*), associando-a ao ferro. Após a intervenção, quando questionamos se qualquer material poderia sofrer corrosão, ele ainda apresentou equívocos, restringindo o fenômeno ao ferro (*só os met... só o ferro*). Ao percebermos o equívoco, refizemos a pergunta e ele o desfez (*não, a ferrugem que é só com o ferro!*).

O estudante D inicialmente definiu a corrosão como o enferrujamento (*corrosão é tipo o enferrujamento, pelo que eu sei, eu sou mais ligado em carro, aí carro mesmo quando ocorre isso é o enferrujamento*) e afirmou que só aconteceria com materiais metálicos, porém apenas o alumínio não sofreria corrosão (*acho que menos o alumínio, o alumínio é difícil a gente ver enf... é difícil*). Perguntamos se ele supôs que o alumínio dificilmente enferrujaria, daí ele completou (*é difícil de enferrujar, de aparecer a corrosão*). Notamos, nesse momento, que o estudante ainda não estava apropriado da relação entre ferrugem e corrosão, o que converge

para o momento em que o ferro era testado durante a simulação da oxidação, onde o mesmo estudante observou (*ele tá enferrujando*). Daí, questionamos se outro metal também poderia enferrujar e ele mencionou o alumínio novamente, mas sob outro ponto de vista (*acho que só o alumínio... ele tem cara de ser mais fraco que o ferro também*), apresentando aspecto de uma reelaboração de conceito de maneira equivocada.

Contudo, após a intervenção ao ser questionado sobre o que aconteceria com um material que sofreu corrosão, o estudante supracitado respondeu (*a partir do ponto inicial dele que é o ferrugem, esses três pontos do metal mesmo, do ferro, é ferrugem, corrosão e... [silêncio]... esqueci o outro*). Depois de algum tempo ele lembrou da oxidação e sobre sua relação com a corrosão e explicou (*é porque pra acontecer uma tem que acontecer a outra primeiro*), sugerindo que seria a oxidação o fenômeno inicial. Continuamos questionando-o se a ferrugem aconteceria com qualquer metal e, diferentemente das outras vezes, ele afirmou que seria apenas com o ferro.

A partir das falas do estudante D entendemos processo de construção e reconstrução dos conceitos de corrosão e ferrugem. Inicialmente ele pensava tratar-se do enferrujamento e que aconteceria com os metais, à exceção do alumínio; com o decorrer da intervenção apresentou ponto de vista contrário, pensando que o alumínio também enferrujaria, até que demonstrou compreensão de que ferrugem é caracterizada como produto da corrosão de materiais que contenham ferro.

Percebemos que inicialmente quatro estudantes (B, F, A e D) associaram a corrosão à ferrugem imaginando tratar-se do mesmo fenômeno. Desse modo, para que pudessem diferenciar a oxidação, a ferrugem e a corrosão, apresentamos durante a intervenção três imagens ilustrativas dos fenômenos sem mencioná-los.

Na imagem que representava a corrosão eles comentaram (*tá mais acabado*). Ao pedirmos que explicassem, afirmaram que estava mais destruído e corroído. Sobre a imagem que representava a ferrugem, apontaram (*a cor dele é bem diferente*), afirmando que poderia ser indicativo de ferrugem. Com relação à imagem que representava a oxidação, observaram (*tá menos acabado*).

A partir dessa análise, discutimos os conceitos de oxidação, ferrugem e corrosão, segundo (SEGS, 2017) e, retornando às imagens, eles conseguiram

identificar também a oxidação. As respectivas falas dos estudantes A e D durante a entrevista (... *a ferrugem que é só com o ferro!*) e (*ferrugem, esses três pontos do metal mesmo, do ferro, é ferrugem, corrosão e....*) remetem a esse momento da intervenção, demonstrando que os estudantes passaram a entender a ferrugem como fenômeno inerente ao ferro, mas que estaria associado à oxidação e à corrosão<sup>1</sup>. Assim, inferimos que os estudantes, além de conseguirem diferenciar tais conceitos, também perceberam as relações que os mesmos estabelecem entre si, o que remete a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, princípios apontados por Ausubel como facilitadores da aprendizagem (MOREIRA; MASINI, 2001).

Ainda durante a intervenção, enfatizamos que a corrosão não é um fenômeno característico apenas de metais, esses ganharam destaque porque estávamos numa investigação sobre a utilização de uma placa metálica no organismo. Questionamos, nesse momento, o que entendiam por corrosão e explicaram (*ele tá se desgastando*). Ao indagarmos se a ferrugem acontecia com todo metal, inicialmente eles disseram que sim, mas em seguida afirmaram (*ah, só acontece no ferro!*). Perguntamos, por fim, o que aconteceu com os metais testados na atividade experimental e eles concluíram (*oxidaram e corroeram*). Pensamos, assim, que as novas informações apresentadas durante a intervenção possivelmente foram ancoradas de forma substancial às estruturas cognitivas dos estudantes, conforme Ausubel citado por Pelizzari *et al* (2002).

### **6.2.3 Identificação da corrosão em situações do cotidiano**

Entre os estudantes participantes da pesquisa dois deles contemplaram a categoria somente após a intervenção, sendo que os demais a contemplaram nos dois momentos.

---

<sup>1</sup> A oxidação é o início do processo de degradação do metal e deve ser tratada logo no início, para não dar origem à corrosão e ferrugem. A corrosão é o desgaste do metal a partir da oxidação. Quando estão oxidados e corroídos, os metais ferrosos começam a gerar o hidróxido de ferro, a camada avermelhada conhecida como ferrugem (SEGS, 2017).

A estudante E, após a intervenção, na tentativa de associar a corrosão a situações cotidianas mencionou materiais da construção civil (*material de construção, às vezes a gente compra e já vem assim, portão também, prego, só*). A estudante C, por sua vez e também no segundo momento, remeteu à atividade experimental em que foi simulada a oxidação, citando o ferro e o zinco como materiais que sofrem corrosão, destacando em seguida que o cobre não sofreu corrosão.

O estudante A no primeiro momento afirmou que a corrosão tratava-se de uma reação química, citando a maresia como situação cotidiana associada (*canto de praia a maresia coisa né, o ferro? Enferruja!*) e explicou que a causa seria a presença do sal na água do mar. Já no segundo momento citou objetos metálicos (*mesa, portão e carro*) como materiais que sofreriam corrosão.

A estudante B no primeiro momento, além da ferrugem, pensou que a corrosão estaria associada a tecidos e madeira (*em tecido acontece também? ... na madeira... não né?!*). No segundo momento a estudante citou o ferro, lembrando os metais utilizados na atividade experimental que simulou a oxidação (*como a corrosão do ferro, né?! Que é como eu falei... deixa eu lembrar os que nós testamos e que teve corrosão ... o ferro teve, o magnésio não ... não, magnésio teve num foi?! O que não teve foi a platina, o ferro teve, o magnésio teve, zinco também o que não tem é a platina*).

O estudante D inicialmente citou apenas portões como materiais que sofreriam corrosão (*portões, é geralmente é nos portões que se vê mais isso*). No segundo momento ele acrescentou outros materiais (*em portões, carros, todo objeto metálico*), como o estudante mencionou que a corrosão ocorreria em todos os metais, pedimos que reafirmasse se todo objeto metálico seria passível de sofrer corrosão, então ele concluiu que não, citando a platina. Essa situação remete, mais uma vez, à apropriação dos conceitos construídos durante as dinâmicas propostas para conduzir os partícipes do processo à resolução da situação-problema.

A estudante F inicialmente associou a corrosão apenas ao enferrujamento. Mas após a intervenção afirmou que ocorria predominantemente com o ferro e citou os metais testados na simulação da oxidação (*magnésio, zinco, qual foi o outro? ... Magnésio, zinco, tá faltando um ... ferro!*).

Observamos que os(as) quatro estudantes que contemplaram a categoria nos dois momentos, inicialmente mencionaram a ferrugem como situação

cotidiana em que poderia ser observada a corrosão. Foi recorrente também após a intervenção à menção a atividade experimental que simulou a oxidação, o que nos leva a inferir, que a experimentação pode ter contribuído para a significação conceitual, uma vez que buscou-se como orientou Suart (2014) integrar ação e reflexão, visto que os(as) estudantes continuamente eram instigados a discutir, analisar e interpretar os resultados a partir da articulação de conceitos dentro do contexto proposto.

#### 6.2.4 Associação entre corrosão e reatividade

A categoria foi contemplada por quatro estudantes somente após a intervenção. O estudante A citou o magnésio, o zinco e o alumínio como materiais que sofrem corrosão e a platina como exemplo de material que não sofre corrosão. Então, pedimos que ele comparasse o ferro e a platina em termos de oxidação e ele afirmou (*na oxidação ele “tá” doando o elétron*). Questionamos se o fenômeno aconteceria com a platina, ele comentou que não e concordou que ela não apresenta tendência à doação de elétrons.

O estudante D, que havia associado inicialmente a corrosão aos materiais metálicos (*eu acho assim, que ocorre isso mais com os metálicos, tipo lata de carro, os portões, o material deles, tipo o ferro mesmo, agora plástico essas coisas não*), no segundo momento afirmou que nem todo material sofreria corrosão, citando exemplos (*o que nós “tava” estudando mesmo, a platina ela não sofre... o ouro*). Questionamos a causa e prontamente ele respondeu (*porque eles são menos reagentes*).

A estudante E quando questionada sobre a diferença entre o átomo de um metal que sofre corrosão e outro que não sofre, silenciou, mas ao insistirmos (*por exemplo, por que o ferro sofre corrosão?*), ela respondeu (*porque o ferro é mais reagente*).

Percebemos a partir das falas dos estudantes A e D e da estudante E, acima apresentadas, que a corrosão do material foi associada ao fato dele ser reativo, o que chamaram de ser “reagente” e o estudante A citou o fato de alguns metais não apresentarem tendência à doação de elétrons. A estudante F, por sua

vez, apresentou explicação mais detalhada, quando questionada se qualquer material sofreria corrosão (*não, porque tem uns materiais como a platina e o cobre, que são mais nobres, digamos assim, aí eles são menos reativos, aí quando ele é menos reativo ele não tem facilidade de oxidar e corroer*). Percebemos que a estudante conseguiu fazer associação coerente entre corrosão, reatividade e oxidação.

Pelo fato de a categoria ter sido contemplada somente após a intervenção, julgamos interessante expor o momento da intervenção em que a reatividade dos metais foi discutida com maior ênfase, para entendermos como foi construída a compreensão dos estudantes acerca da relação entre a corrosão e a reatividade. Assim, discutimos a seguir, situações em que os(as) estudantes associaram as características redox à estrutura submicroscópica dos metais.

Após a leitura do texto que abordava as características dos metais, destacamos a necessidade de aprofundamento na discussão de tais características para compreensão da corrosão, assim iniciamos a simulação com o *software*. Sobre a estrutura submicroscópica dos metais, mencionamos o elétron, já abordado anteriormente no texto, e eles citaram prótons e nêutrons, indicando as cargas elétricas de prótons e elétrons.

A estudante F se dispôs a realizar, com auxílio dos(as) demais, a simulação utilizando o *software*. Inicialmente, formamos o íon hidrogênio ( $H^+$ ) e quando destacamos que o átomo de hidrogênio deveria ficar neutro, o estudante A sugeriu (*coloca uma negativa... o elétron*), demonstrando compreensão que no átomo a quantidade de prótons se iguala a de elétrons. Na montagem do átomo de hélio eles já conseguiram compreender como produzir um íon a partir de um átomo neutro, assim como identificaram a região central como núcleo, contendo prótons e nêutrons, estando os elétrons na região externa ao núcleo. Na montagem do átomo de lítio, pedimos que observassem se havia diferença com relação aos átomos montados anteriormente, então a estudante F comentou (*olha, o elétron não está na mesma linha!*).

Na sequência, apresentamos o modelo atômico de Bohr e, quando questionamos se o átomo de lítio seria maior que o átomo de hélio, a estudante E afirmou (*maior, ele tem mais camadas*). Expusemos em seguida, de forma dialógica, o conceito de raio atômico e observamos que eles compreenderam facilmente o sentido de aumento do raio num grupo da tabela periódica conforme aumenta o

número de camadas no átomo. Contudo, quando questionamos o sentido de aumento do raio no período, a estudante F opinou (*acho que é porque segue um, dois, três*), referindo-se ao aumento do número atômico.

Para auxiliá-los(as), recordamos as interações existentes entre cargas elétricas no átomo. Mas, apesar de eles entenderem que o átomo com mais partículas possui interações mais fortes, ainda não conseguiam explicar o sentido de aumento do raio no período. Continuamos a argumentação, fornecendo representações no quadro de dois átomos com números atômicos diferentes, o que os levou a concluir que no átomo com mais partículas as interações seriam mais intensas, logo tratava-se de um átomo menor, segundo a fala da estudante E.

A partir dessa compreensão, relembremos a atividade experimental em que foi simulada a redução e, ao questionarmos o que aconteceu com o ferro, eles responderam que sofreu oxidação e sobre a mudança na estrutura do átomo a estudante F sugeriu que ele doou elétrons. Questionamos o que seria necessário para essa doação e a mesma estudante afirmou (*depositar energia*). Daí discutimos o conceito de energia de ionização e eles(as) sugeriram que seria mais fácil retirar elétron de um átomo grande. Enfatizamos o sentido de aumento da energia de ionização na tabela periódica, conectando à atividade experimental (*quando o ferro doou elétron, ele saiu dessa camada e foi para o cobre*). Tal momento da intervenção demonstrou que os(as) estudantes já apresentavam indícios da compreensão da transferência de elétrons, associando a energia de ionização ao raio atômico.

Em seguida, iniciamos a discussão sobre a eletronegatividade com o intuito de auxiliá-los na compreensão da transferência de elétrons. Porém, percebemos dificuldades de associação de tal propriedade periódica ao raio atômico, por isso, discutimos de forma minuciosa utilizando o quadro. Por fim, mencionamos a eletropositividade e a estudante F tentou defini-la (*a atração do próton*). Observamos que a associação da estudante não foi incoerente, visto que solicitamos que tentassem associar apenas a partir dos nomes e do já discutido conceito de eletronegatividade. Assim, argumentamos que a eletronegatividade tratava-se da atração, então a estudante B afirmou (*na eletropositividade vai expulsar*), completamos então que seria a tendência à doação de elétrons.

Para finalizar a discussão, solicitamos que retomassem a tabela periódica, observando o magnésio testado na atividade experimental. Quando

questionados, os estudantes conseguiram responder que tratava-se de um átomo grande, com baixa energia de ionização e eletropositivo. Recordamos que eles haviam concluído, a partir da atividade experimental, que o magnésio era muito reativo e quando perguntamos o que significaria ele ser eletropositivo, o estudante D respondeu que seria a facilidade em doar elétrons. Daí reforçamos o conceito de eletropositividade em diálogo com as ideias apresentadas pelos(as) estudantes e pedimos, por fim, que observassem a platina na tabela periódica, destacando que os metais de transição apresentam características peculiares devido às intensas interações entre as cargas elétricas e a presença do subnível d. Finalizamos com a discussão sobre o fato de a platina não apresentar tendência à doação de elétrons, tratando-se de um material inerte, por isso sua utilização na placa para reestruturação óssea.

É notório que desde a apresentação da situação-problema, onde os estudantes ainda não conseguiam explicar satisfatoriamente o que fazia da platina um material ideal para a constituição da placa, até a compreensão que trata-se de um material inerte, foi trilhado um longo percurso para que os estudantes pudessem significar o conhecimento e não apenas memorizar informações ou abstraí-las de forma acrítica.

Para tanto, atentamos ao que sugeriram Zanon e Uhmman (2012) e Suart (2014) sobre o papel do(a) professor(a) na mediação do processo de ensino-aprendizagem, como o responsável pelo progresso do raciocínio por meio da criação de situações que exigissem reflexão durante a investigação e pela inserção da problematização e contextualização dos conteúdos, atrelando observações e discussões teóricas para que os estudantes construíssem argumentos e hipóteses para a solução da situação-problema.

### **6.2.5 Compreensões acerca do processo redox**

A categoria foi contemplada por todos os estudantes, somente após a intervenção. A estudante B, na tentativa de associar a corrosão a algum fenômeno químico, mencionou o desgaste do material e, quando pedimos que pensasse a corrosão em nível submicroscópico, imaginando o átomo, apresentou (*as partículas*

*estão ficando agitadas*). Questionamos se havia possibilidade de o átomo perdê-las, sendo que respondeu (*ela sai e vai para outro*), porém não identificou a partícula como sendo o elétron. A estudante C, por sua vez, quando questionada sobre o que acontecia no átomo durante a corrosão, disse (*é como se fosse ganhando ou perdendo?*), mas não conseguiu explicar que tratava-se de perda/ganho de elétrons e nem as causas da transferência. Após lembrarmos a situação experimental em que simulamos a redução, questionamos porque o ferro havia doado elétrons para o cobre e ela limitou-se a dizer (*porque o cobre não tinha elétrons... e o ferro tinha*). Notamos que as estudantes B e C associaram a corrosão à perda/ganho de partículas pelo átomo, mas não conseguiram explicar a transferência de elétrons entre os átomos durante a redox.

À estudante F foi solicitado que explicasse o processo de oxidação, visto que afirmou anteriormente que na corrosão o material seria oxidado, então ela sugeriu (*perda de elétrons... aí seria tipo do ferro para alguma substância que esteja por perto*). A estudante nomeou o processo como redox, explicando que uma substância sofria oxidação e a outra; redução (*aí é a redox... uma substância vai ter oxidação e a outra vai ter a redução*). O fato de a estudante ter citado o ferro como exemplo da oxidação, converge para a atividade experimental em que foi simulada a redução.

O estudante A sugeriu que na corrosão o material se desgasta porque sofre oxidação, explicando o fenômeno (*tá doando o elétron*). Ao tentar associar a corrosão com algum fenômeno químico acrescentou a redução, explicando ambos os processos (*a oxidação doa elétron e a redução ganha*). Quando questionamos o tipo de reação química ele silenciou, mas ao citarmos a situação experimental em que foi simulada a redução, explicou (*o ferro tomou o lugar do cobre*), definindo a reação como redox. Podemos inferir que, apesar de usar linguagem mais coloquial, o estudante demonstrou compreensão da reação de simples troca ocorrida na redox.

O estudante D, ao ser questionado sobre a perda/ganho de alguma partícula por parte do átomo durante a corrosão, respondeu que seria a perda de elétrons, os quais seriam transferidos (*para a substância que ele está interagindo*). Com relação ao nome do processo, tentou recordar (*isso a gente viu... não consigo lembrar...[silêncio]... oxirredução!*) Perguntamos se a oxidação seria a perda ou o ganho de elétrons e ele prontamente respondeu (*a oxidação é a perda, como no ferro*), remetendo à atividade experimental em que foi simulada a redução.

A estudante E também remeteu a tal momento quando explicou a corrosão do ferro, mas demonstrou insegurança ao tentar explicar se tratava-se de ganho ou perda de elétrons, (*ele vai ganhar, vai perder... vai perder!*). Também apresentava dúvidas acerca do destino desses elétrons (*...para o cobre? Ah, sei não*). Apresentamos um exemplo para auxiliar sua compreensão (*vamos imaginar que eu coloquei o ferro para interagir com o oxigênio, quem vai perder elétrons?*), de imediato a estudante respondeu que o ferro perdia elétrons para o oxigênio e quando questionamos se seriam processos simultâneos, citou a reação redox. Questionamos ainda a possibilidade de impedir a redox e ela respondeu (*coloca os mesmos reagentes, ou sem ser muito reagentes*), segundo sua fala não haveria tendência à transferência de elétrons entre as substâncias em contato, caso se tratasse da mesma substância ou de substâncias que não fossem reativas.

É relevante destacar que as falas dos estudantes F, A, D e E demonstram a compreensão da corrosão como fenômeno associado à oxirredução, essa entendida como reação em que há transferência de elétrons, sendo a oxidação o processo de perda de elétrons e a redução; o ganho. As ideias apresentadas pelos(as) estudantes ainda convergem para a atividade experimental em que foi simulada a redução, demonstrando que a experimentação pode ter cumprido com sua função de auxiliar os(as) estudantes na compreensão e significação dos conceitos químicos associados à corrosão, contribuindo no processo investigativo, conforme apresentaram Zanon e Uhmman (2012).

Julgamos ainda que merece destaque o momento da intervenção em que utilizamos o modelo de cartas para construção das equações químicas que representavam matematicamente as reações redox ocorridas durante a simulação da oxidação e também da redução. Por isso, apresentaremos adiante alguns extratos dos diálogos estabelecidos durante essa atividade, que não deixa de ser uma atividade experimental e que subsidiará a análise da compreensão dos estudantes acerca da oxirredução.

A princípio, para que os(as) estudantes tivessem uma melhor compreensão do processo de transferência de elétrons, disponibilizamos as cartas contendo os reagentes utilizados nas atividades experimentais que simularam a oxidação e a redução. Iniciamos com a reação que simulou a redução, solicitando que encontrassem o sulfato de cobre. Nesse momento da intervenção percebemos indícios do trabalho cooperativo entre os estudantes (*esse daí, eu acho*), (*esse*

*daqui?!),* falavam enquanto se auxiliavam na busca pelo sulfato de cobre, fato consoante com o pensamento de Galiazzi e Gonçalves (2004) ao associarem a experimentação ao trabalho cooperativo e à socialização dos estudantes, bem como ao desenvolvimento de habilidades de argumentação.

Após encontrarem os reagentes, perguntamos o que imaginavam ter ocorrido na reação e a estudante F recordou (*teve aquela coisa de um perder elétrons pro outro...*). Instigados, conseguiram responder que o ferro sofreu oxidação e quando mencionamos que o cobre sofreu processo inverso, o estudante A afirmou (*redox, redox!*) e o estudante D completou (*redução*). Os estudantes supracitados demonstraram a compreensão da reação de oxirredução como a transferência de elétrons; contudo, ainda não tinham apropriação sobre as transformações ocorridas durante o processo.

Para auxiliá-los na compreensão da reação de deslocamento, abordamos as reações químicas em termos do rompimento e formação de novas ligações. Como haviam respondido anteriormente que o ferro era mais reativo que o cobre, questionamos o que aconteceria com ele e a estudante F respondeu (*vai desfazer a cobre*). Então argumentamos de outra maneira (*o ferro "tá" sozinho, mas ele é reativo, ele não gosta de ficar sozinho... o cobre consegue ficar mais sozinho que ele... isso significa...*) e a estudante F concluiu (*que ele vai chutar o cobre e vai tomar o lugar dele*), indicando que entendeu a troca que ocorreria, embora tenha utilizado uma linguagem mais coloquial.

Assim, solicitamos que procurassem nas cartas os produtos que se formariam e, mais uma vez, percebemos o trabalho cooperativo entre os estudantes, visto que todos se ajudaram na construção da equação química, compreendendo que houve uma troca entre o ferro e o cobre. A partir dessa percepção, discutimos a reação de simples troca ou deslocamento e pedimos que explicassem essa segunda denominação, ao que um dos estudantes respondeu (*porque o cobre se deslocou do lugar dele para outro*), reiteramos que o ferro conseguiu deslocar o cobre por ser mais reativo que ele. Em seguida, aprofundamos mais a discussão acerca da transferência de elétrons, retomando o conceito de eletronegatividade e discutindo o conceito de nox.

Na determinação do nox no sulfato de cobre eles não demonstraram compreensão, por isso explicamos de forma minuciosa, até eles conseguirem identificar o nox (+2) no íon cobre. A dificuldade apresentada pelos estudantes

reporta-nos ao que mencionou Sanjuan *et al* (2009) sobre a difícil abstração por parte dos estudantes de conceitos químicos associados à corrosão, dentre eles o de número de oxidação.

Após a determinação do nox pedimos que comparassem os valores para o ferro nos reagentes e nos produtos da equação e a estudante F disse (*ele não tinha nada*) e continuamos (*ele tinha nox zero e foi para...*) e a mesma estudante completou (+2). Sobre o significado dessa variação um dos estudantes afirmou (*ganhou elétrons*), porém a estudante E discordou (*perdeu!*). Em meio a essa divergência, relembramos as interações entre as cargas elétricas no átomo, até que chegaram à conclusão que o ferro tinha perdido elétrons.

Quando solicitamos que os(as) estudantes anotassem numa folha de papel a equação construída, eles(as) apresentaram dificuldades na identificação do estado de agregação do cobre. Daí relembramos que o ferro tinha deslocado o cobre e assim a estudante E sugeriu (*então ele ficou sólido!*). Enfatizamos que isso nos levaria a saber qual material tinha se formado sobre o prego na atividade experimental que simulou a redução, e a estudante F, que em vários momentos da intervenção afirmou que tinha sido a ferrugem, com expressão de espanto disse (*é o cobre? Passada!*). Acrescentamos que o cobre estava sob a forma iônica e passou à forma metálica e que o inverso ocorreu com o ferro. Por fim, expusemos as semi reações no quadro, destacando mais uma vez que o ferro não seria ideal para utilização numa placa para reestruturação óssea.

Em continuidade à discussão acerca do processo de transferência de elétrons, solicitamos aos(as) estudantes que construíssem a equação que representava a oxidação do ferro, utilizando as cartas, então a estudante F comentou (*tem que encontrar o que é menos reativo que o ferro*). Assim, pedimos que comparassem o ferro e o hidrogênio na fila de reatividade, eles rapidamente apontaram que o ferro era mais reativo e que aconteceria com o hidrogênio o mesmo que acontecera com o cobre na reação representada anteriormente (*o ferro é mais reativo... vai acontecer o mesma coisa que aconteceu com o cobre*), resgatando a conclusão deles de o ferro não poder ser utilizado numa placa por participar do processo de oxirredução.

Em seguida, a determinação do nox foi realizada com facilidade, mas apresentaram dificuldades com relação ao balanceamento da equação. Questionamos se também seria uma reação de deslocamento e a estudante E

comentou (*é, que trocou aqui...*) se referindo ao ferro e ao hidrogênio. A fala da estudante demonstra que estava apropriada do conceito de reação de deslocamento, visto que percebeu a troca ocorrida.

Antes da construção da equação que representava a oxidação do magnésio pedimos que lançassem hipóteses sobre o que aconteceria como consequência da interação com o hidrogênio. A estudante F disse acreditar que ocorreria o deslocamento do hidrogênio. Eles identificaram a oxidação do magnésio e a redução do hidrogênio, percebendo a simples troca (*ele mandou o hidrogênio embora e ficou no lugar dele*). Na equação que representava a oxidação do zinco, eles já apresentaram grande facilidade na determinação da variação do nox e na identificação da oxidação e da redução (*ele perdeu dois elétrons e sofreu oxidação*), disse o estudante D, referindo-se ao zinco.

Quando falamos sobre a construção da equação de oxidação do cobre, para identificarmos aspectos da compreensão deles até o momento, surgiram alguns comentários (*e vai ter?!), (acho que não), (não vai ter não!)*. Perguntamos o que aconteceu com o cobre na atividade experimental que simulava a oxidação e eles afirmaram que não ocorreram mudanças, então a estudante F explicou (*porque ele é menos reativo que o hidrogênio*) e sobre o significado de o cobre ser menos reativo que o hidrogênio, o estudante A sugeriu que a reação não ocorreu. Ao mencionarmos a equação de oxidação da platina surgiram comentários semelhantes (*vai fazer a mesma coisa, né?*), (*não vai reagir!*) Pedimos que observassem a fila de reatividade, assim, reafirmaram que não ocorreria a oxirredução.

Percebemos que esse momento da intervenção, em que foram utilizadas as cartas em situação experimental, tornou mais evidente as atitudes de cooperação entre os estudantes, contribuindo para a atribuição de sentido a conceitos abstratos e de difícil compreensão condizendo com as palavras de Zanon e Uhmman (2012) quando associaram a relevância da experimentação no ensino de Química à oportunidade de interações entre os estudantes, de modo que os conceitos fossem construídos de forma significativa a partir da exposição de ideias e de novas informações.

### 6.2.6 Aspectos sociais que emergiram da discussão do tema<sup>2</sup>

A categoria foi contemplada em alguns momentos da intervenção, diante das discussões estabelecidas. Durante a simulação da oxidação, comentamos que os metais constituem a maior parte da tabela periódica. Assim, a estudante F ao questionar se algum deles seria artificial e, ao saber que a maioria são naturais, indagou (*então podem acabar?*). Aproveitamos para discutir aspectos da importância dos metais para a sociedade contemporânea, destacando a necessidade de serem encontradas outras alternativas, tendo em vista sua disponibilidade e também os danos causados ao meio ambiente por meio da extração.

Discussão semelhante surgiu durante a leitura do texto sobre as características dos metais, quando abordamos a condutividade térmica e comparamos a prata e o alumínio com relação a essa propriedade. Discutimos o fato de a prata ser menos utilizada que o alumínio, apesar de ser melhor condutora de calor, enfatizando a pouca disponibilidade da prata no meio ambiente, então a estudante F comentou (*imagina daqui pro futuro, é um pouco difícil assim hoje em dia, imagina no futuro... não vai ter nada*). A estudante demonstrou preocupação quanto à extração desse metal, o que poderia resultar num esgotamento futuro. Assim, ressaltamos a necessidade de o ser humano repensar ações e ideias com o intuito de evitar o esgotamento de recursos ambientais. Em outro momento da intervenção, durante a utilização das cartas, a mesma estudante apresentou pensamento equivalente quando questionamos se haveria uma maneira de economizar na quantidade do metal utilizado na placa (*eu acho que tem, até porque como é raro, ficar só utilizando, utilizando, vai chegar o dia que nem vai ter mais*). Percebemos que a fala da estudante F nos três momentos da intervenção, acima mencionados, reflete sua preocupação quanto ao uso consciente desse recurso.

Aproveitamos as ideias da estudante F para aprofundar a discussão sobre a possibilidade de economizar ao se implantar uma placa metálica no organismo. Mostramos a imagem de uma radiografia de fratura na tíbia com

---

<sup>2</sup> A presente categoria não se encontra no quadro 3, que reúne as categorias evidenciadas nas situações de entrevista, uma vez que a mesma emergiu da discussão do tema apenas durante a intervenção.

implante de placa e retomamos a situação-problema, ressaltando que a platina é um material caro. Os(as) estudantes afirmaram que haveria possibilidade de usar outro material, mas não conseguiram explicar em que situação. Daí, discutimos a possibilidade de se utilizar um material que não fosse inerte, revestindo-o com platina que sabíamos tratar-se de material inerte, para que não ocorresse a corrosão da placa.

Pedimos, em seguida que imaginassem as condições de um hospital público no Brasil com relação à capacidade de atendimento aos acidentados de trânsito necessitados de cirurgias. Os(as) estudantes concordaram que a demanda não é atendida, visto que é grande o número de acidentes. Para fomentar a discussão, apresentamos dados de uma reportagem da Folha de São Paulo referente aos acidentes de trânsito no país.

Sobre o trecho “Moto é o veículo que mais mata no trânsito e é o que mais gera indenizações”, a estudante F citou que a causa seria a irresponsabilidade. Seu posicionamento sugere que fez associação entre a ocorrência de muitos acidentes de moto e a postura inadequada dos condutores e ainda abriu precedentes para uma posterior discussão sobre tal comportamento. Comparando a moto ao carro com relação ao risco, a mesma estudante destacou (*ela só tem duas rodas, então é muito mais perigo*). Expusemos em seguida duas imagens de acidentes de moto, a primeira mostrava o capacete totalmente destruído e na seguinte a moto estava sob as mesmas condições e pudemos notar que os estudantes ficaram impactados.

No trecho “houve crescimento da frota nos últimos anos pelo seu papel social e pela sua flexibilidade”, o estudante D comentou (*é melhor pra se locomover, por ser pequena*), referindo-se à moto. Comentamos que havia outros fatores também responsáveis pelo aumento da frota e o mesmo estudante mencionou a viabilidade financeira. Discutimos outro fator mencionado na reportagem “a falta de transporte público eficiente e um planejamento urbano melhor tornou a moto uma necessidade. O jovem foi empurrado para as motos e o custo da destruição familiar é incalculável”. E sobre o jovem ser a principal vítima, apresentamos outros dados “acidentes de trânsito são a principal causa de mortes entre jovens de 19 a 25 anos”. Então, o estudante D também se posicionou (*os jovens são mais afoitos que os mais velhos... galera mais velha tem a... já a consciência de andar mais tranquilo, já o jovem não, é correndo*). Aproveitamos a fala do estudante para discutir a postura de

muitos jovens no trânsito e, nesse momento os demais estudantes voltam o olhar para o estudante D, que se explicou (*de vez em quando eu corro, agora pra tá empinando no meio da rua não, mas correr é difícil, só quando eu “tô” atrasado mesmo pra alguma coisa*).

Aproveitamos o relato acima e pedimos que imaginassem várias pessoas atrasadas e citamos a ultrapassagem como forma de ganhar tempo, mostrando a imagem de uma ultrapassagem perigosa, destacando que em algum momento poderia ser fatal. A partir de tal exposição, o estudante D expôs uma situação vivenciada por ele quando estava pilotando uma moto e outra pessoa que conduzia um automóvel fez uma manobra irregular. Porém, o estudante admitiu que ambos não estavam corretos (*tanto eu como ele “tava” errado, eu por ser de menor e ele por entrar errado*). A partir da fala do estudante discutimos a importância da habilitação e o mesmo comentou (*eles ensinam tudo que você deve fazer*), assim, enfatizamos que o menor de idade ainda não é responsável por si, por isso não tem permissão para dirigir e, no caso da pessoa habilitada, é necessário prudência.

Discutimos em seguida alguns fatores citados na reportagem como responsáveis pelos acidentes de trânsito. Dentre eles, enfatizamos a não utilização de equipamentos de segurança. Abordamos a necessária consciência quanto ao uso por sua função e não por medo de fiscalizações e a estudante E comentou (*sem capacete... no sítio mesmo é direto*), evidenciando que a falta conscientização acerca da importância do equipamento de segurança, aliada à ausência de fiscalização, que é comum na zona rural, são responsáveis pela não uso do capacete. Finalizamos destacando a importância da educação no trânsito e da fiscalização como formas de se evitar acidentes e caso eles já tenham ocorrido, a importância da imobilização e atendimento especializado.

Retomamos a pergunta inicial dessa discussão, sobre a capacidade de o SUS atender a demanda de acidentados no trânsito, e a estudante B respondeu que não. Comentamos que provavelmente eles conheciam casos de pessoas que sofreram fraturas e passaram longos períodos aguardando cirurgias e o estudante D citou o caso de alguém que ficou por muito tempo no hospital e o osso acabou “colando” da forma errada.

Finalizamos com a retomada da discussão sobre a possibilidade de ser utilizado um metal menos nobre revestido, como forma de reduzir os custos de tantos acidentes (*Sabendo que é grande o número de acidentes e que o nosso*

*sistema de saúde não consegue atender a demanda, será que há alguma possibilidade de economizar no uso do metal que estará na placa?)* Um dos estudantes sugeriu que sim (*eu acho que é possível*) e outro concordou (*também acho, mas não sei como...*). Auxiliamos questionando se poderia ser utilizado um metal menos nobre revestido; então a estudante F sugeriu (*eu acho que sim, porque aí ele vai proteger o outro menos nobre*). Podemos inferir que a estudante demonstrou compreensão de que o revestimento com um metal nobre iria garantir que a placa mantivesse suas propriedades, cumprindo com sua finalidade.

Observamos que o estudante D apresentou ricas contribuições para as discussões apresentadas nessa categoria, o que possivelmente pode estar associado ao fato de pertencer ao seu cotidiano já que trabalha em oficina de carros e motos e disse gostar da área, embora, reforçamos que a proximidade da discussão com a realidade do estudante não seja suficiente para que a aprendizagem aconteça. Por isso, buscou-se oportunizar aos(as) estudantes a discussão de conceitos químicos de maneira desfragmentada e contextualizada, nutrindo-se a possibilidade de melhor compreensão das questões sociais relacionadas ao tema e que dessa maneira a aprendizagem fosse construída de forma significativa e crítica como defendido por Moreira (2005).

## 7 CONCLUSÕES

A partir do estudo percebemos que houve melhoria no estado de compreensão do tema corrosão pelos(as) estudantes. Na trilha para resolução da situação-problema, evidenciamos que, gradualmente, eles(as) conseguiram estabelecer conexões coerentes entre o contexto proposto e os conceitos químicos abordados, realizando inferências apropriadas em meio à discussão sobre o comportamento dos metais.

Os(as) estudantes demonstraram abstração do conceito de oxidação, associando-a à reatividade dos metais. Sobre sua estrutura submicroscópica, conseguiram estabelecer relações com as propriedades redox, demonstrando compreensão do processo de transferência de elétrons, o que convergiu para a associação entre a estabilidade de um metal e sua utilização em placa para reestruturação óssea.

Na categoria “Compreensão acerca da corrosão” percebemos que os(as) estudantes, inicialmente, demonstravam compreensão mais limitada do fenômeno, sendo que alguns apresentavam dificuldades em fazer associações a partir do tema. No entanto, após a intervenção demonstraram melhor abstração, uma vez que a maioria associou a corrosão ao desgaste do material.

A categoria “Caracterização da ferrugem como produto da corrosão” demonstrou que os(as) estudantes em alguns momentos trataram a corrosão e a ferrugem como um mesmo fenômeno. Contudo, ao fim da intervenção, em sua maioria, passaram a entender a ferrugem como fenômeno inerente ao ferro e associaram a corrosão à oxidação do material.

Na categoria “Identificação da corrosão em situações do cotidiano” evidenciamos que alguns(as) estudantes mencionaram a ferrugem como situação cotidiana associada à corrosão, recorrendo também à atividade experimental em que foi simulada a oxidação, citando alguns metais em que perceberam o fenômeno.

Na categoria “Associação entre corrosão e reatividade” observamos uma melhor compreensão da corrosão, pela inferência de que a estabilidade de um metal estava associada ao fato de não apresentar tendência à doação de elétrons por meio da oxidação.

A categoria “Compreensões acerca do processo redox” demonstrou que os(as) estudantes puderam aprofundar a compreensão acerca do processo redox, associando-o à corrosão. O processo de transferência de elétrons entre as espécies foi compreendido a partir da discussão do nox e da reação de deslocamento.

Na categoria “Aspectos sociais que emergiram da discussão do tema”, como o contexto tratava do implante de uma placa para reestruturação óssea após um acidente, foi abordada a pouca disponibilidade de um metal nobre no ambiente, bem como aspectos relacionados aos acidentes de trânsito no Brasil e a assistência médica aos acidentados, o que resultou no levantamento da possibilidade de utilização de metal menos nobre revestido.

Assim, podemos constatar que, após a intervenção, os(as) estudantes demonstraram uma melhor compreensão do tema, em articulação com conteúdos de eletroquímica; uma vez que, associaram a utilização da platina a sua estabilidade. Nesse contexto, acompanhamos processos cognitivos e argumentativos desenvolvidos, nos quais verificamos que a experimentação contribuiu para compreensão do fenômeno, a partir das interações promovidas em meio à problematização, conduzindo os(as) estudantes a alcançarem a significação conceitual de forma crítica.

É pertinente salientar que a postura assumida pelo(a) professor(a), na promoção do diálogo e mediação das interações, na experimentação investigativa é aspecto diretamente atrelado aos resultados obtidos na pesquisa. A oportunização de situações em que os(as) estudantes pudessem refletir sobre seus posicionamentos, ideias, soluções, equívocos, re(construindo) seus posicionamentos, teve relevante contribuição para a significação do conhecimento. Todavia, com base nos resultados alcançados, percebemos a necessidade de futuras pesquisas direcionadas à investigação sobre a importância da formação continuada de professores(as) da educação básica, de modo que seja compreendido, com maior aprofundamento, o seu papel na condução de atividades em propostas semelhantes a que fora apresentada nesse estudo.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, I. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1997.
- BÍBLIA, A. T. II Crônicas. Português. **Bíblia Sagrada**. 61. ed. São Paulo: Ave Maria, 2006.
- BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2011. p. 1-10.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 1999. 109 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2002. 141 p.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2006. 140 p.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2010.
- COSTA, F. J. S.; ARNAUD, O. T. C; MALHEIRO, J. M. S. O uso de experimentos em laboratório no ensino de Ciências e Química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2016.
- FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 29, p. 20, 2008.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em aulas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 30, p. 34-41, 2008.

FREITAS, Z. V.; OLIVEIRA, J. C. C. Experimentação e resolução de problemas com aporte em ausubel: uma proposta para o ensino de ciências. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2016.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**. São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

GIANI, K. **A experimentação no ensino de ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GONÇALVES, F. P. **O texto de experimentação na educação em química: discursos pedagógicos e epistemológicos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 198-200, 2009.

GUSMÃO, A. Z.; SILVA, R. R.; FONTES, W. Nutrição para a promoção da saúde: um tema químico social auxiliando na compreensão do conceito de transformação química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Atas [...]**. Campinas: ABRAPEC, 2012.

HADDAD, E. B.; CAMPANERUT, F. Z.; IGNE, M. C. I.; VELLECA, R. S.; FALJONI-ALARIO, A. As concepções dos estudantes sobre hidrólise salina com o uso da estratégia role playing. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2006.

IZQUIERDO, M; SANMARTÍ, N; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n.1, p. 45-60, 1999. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9494>. Acesso em: 20 jul. 2017.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**. São Paulo. São Paulo, n. 11, p. 26-29, 2000.

MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS, 2., 2004, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: USC, 2004. p. 1-10.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 19, p. 11-14, 2004.

\_\_\_\_\_. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 33. n. 1. p. 57-60, 2011.

MIRANDA, M. S.; ABRAS, C. M.; PEDROSO, J. R.; CARVALHO, P. M.; ROSA, M. R. R.; TANGANELI, V. S.; SUART, R. C.; MOREIRA, H. R. Argumentação e habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química: relações com a interação dialógica do professor. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2014.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 1. ed. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 1., 2005, Campo Grande. **Atas [...]**. Campo Grande: UNIDERP, 2005.

\_\_\_\_\_. Aprendizaje Significativo Crítico. 2. ed. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, Madrid, 2 ed. n. 6, p. 83-101, 2010.

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

OLIVEIRA, R. C.; HARTWIG, D. R.; FERREIRA, L. H. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 32, n. 2, p. 101-102, 2010.

PELIZZARI, A.; KRIGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **PEC**. Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PEREIRA, C. Moto é o veículo que mais mata no trânsito e o que mais gera indenizações. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 15 jun. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2018/06/moto-e-o-veiculo-que-mais-mata-no-transito-e-o-que-mais-gera-indenizacoes.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2018.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

QUAIS as diferenças entre oxidação, corrosão e ferrugem?. **SEGS**, Santos, 15 mar. 2017. Disponível em: <https://www.segs.com.br/demais/56573-quais-as-diferencas-entre-oxidacao-corrosao-e-ferrugem>. Acesso em: 20 ago. 2018

QUÍMICA lúdica: experimentos e jogo ludo para compreender conceitos de separação de misturas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2016.

RODRIGUES, S. C.; FONSECA, A. C. M.; LAGE, F. F.; CARVALHO, A. C.; MONTEIRO, B. A. P. SOUZA, J. A. Construindo o conhecimento sobre funções orgânicas por meio da experimentação no desenvolvimento de uma unidade didática. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2016.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A; WHARTA, E. J. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

SANTOS, F. M. T.; GÓI, M. E. J. Resolução de problemas e atividades práticas de laboratório: uma articulação possível. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2006.

SANTOS, M. A. R.; SILVA, A. S. F.; QUADROS, A. L. A experimentação no Ensino de Química e a apropriação do conhecimento científico. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2016.

SILVA, M.; AFONSO, A. F.; CORRÊA, R. G.; MARQUES, R. N.; MARQUES, C. M. P. Abordagem do Sistema Solo Planta em Atividades Experimentais Investigativas no Ensino Médio. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2014.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L; TUNES, E. Experimentar Sem Medo de Errar. *In*: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A (Orgs.). **Ensino de Química em Foco**. 1 ed. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.

SUART, R. C. A experimentação no ensino de química: conhecimento e caminhos. *In*: SANTANA, E.; SILVA, E. (orgs.). **Tópicos em ensino de química**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014. p. 63-78.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas desenvolvidas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *In*:

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2008.

\_\_\_\_\_. A Argumentação em uma atividade experimental investigativa no Ensino Médio de Química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Atas** [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2010.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Atas** [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2010.

VELLECA, R. S.; IGNE, M. C. I.; LATTARI JÚNIOR, J.C.; CAMPANERUT, F. Z.; HADDAD, E. B.; FALJONI-ALARIO, A. Investigando as concepções alternativas dos estudantes sobre eletroquímica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas** [...]. Bauru: ABRAPEC, 2006.

TEIXEIRA, Paulo M. M.; MEGID NETO, Jorge. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

WARTHA, E. J.; SILVA, E.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84–91, 2013.

ZANON, L. B.; UHMANN, R. I. M. O desafio de inserir a experimentação no ensino de ciências e entender a sua função pedagógica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA, 10., Salvador. **Anais** [...]. Salvador: UFBA, 2012.

## APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS

1. O que você entende por corrosão?
2. Você consegue identificar a corrosão em alguma situação do cotidiano?
3. Todos os materiais podem sofrer corrosão? Explique.
4. Você consegue associar a corrosão a algum fenômeno químico? Justifique.

## **APÊNDICE B – SITUAÇÃO-PROBLEMA**

Durante um passeio de moto com um colega, um estudante sofreu um acidente e conversando com um grupo de amigos na escola, o mesmo explicou que fraturou a tíbia, um osso presente na parte inferior da perna e, por isso, teve que se submeter ao implante de uma placa de platina para consolidar a estrutura óssea. Outro estudante, que já tinha ouvido falar que platina é um material caro, perguntou: será que poderia ter sido utilizado outro metal, de valor mais acessível, no lugar da platina?



<ul style="list-style-type: none"><li>• Apresentação de vídeo sobre fratura óssea para introdução do tema. Vídeo disponível em: <a href="https://blausen.com/pt-br/video/fratura/#">https://blausen.com/pt-br/video/fratura/#</a></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Debate sobre o assunto, com evocação de experiências pessoais.</li></ul>	15 min
---	--	--------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de situação-problema propiciando um ambiente de discussão, no qual os estudantes possam expor seu posicionamento acerca do tema, de forma oral e escrita.</li> <li>• Experimentação: Simulação da corrosão, em meio à discussão sobre o tipo de material utilizado em placas para reestruturação óssea, por meio da construção de uma fila de reatividade, utilizando os metais: magnésio, ferro, cobre, zinco e platina em solução de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).</li> <li>• Discussão, a partir do uso de imagens e texto, sobre os fenômenos corrosão, oxidação e ferrugem, em articulação com o fenômeno da placa. Texto disponível em: <a href="https://www.segs.com.br/demais/56573-quais-as-diferencas-entre-oxidacao-corrosao-e-ferrugem">https://www.segs.com.br/demais/56573-quais-as-diferencas-entre-oxidacao-corrosao-e-ferrugem</a></li> <li>• Experimentação: Simulação da redução, utilizando ferro metálico e uma solução de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), conectando a redox do ensaio à interação da placa no organismo.</li> <li>• Leitura de texto adaptado que relaciona as propriedades dos metais à sua aplicabilidade, para discussão sobre sua utilização em placas de implante ósseo (versão completa disponível em: <a href="http://moemacastro.weebly.com/uploads/5/7/9/8/57985191/cap_5_metalais_rv01.pdf">http://moemacastro.weebly.com/uploads/5/7/9/8/57985191/cap_5_metalais_rv01.pdf</a>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondagem do posicionamento momentâneo dos estudantes em relação ao tema.</li> <li>• Caracterização da corrosão como fenômeno em que o material sofre oxidação, conectando ao fenômeno de interação da placa no organismo.</li> <li>• Caracterização dos fenômenos corrosão, oxidação e ferrugem e associação dos mesmos entre si e à situação experimental.</li> <li>• Caracterização da redução como fenômeno simultâneo à oxidação, atrelando ao fenômeno da placa.</li> <li>• Discussão sobre as propriedades e aplicação dos metais, destacando-se a possibilidade ou não de sofrerem corrosão quando utilizados no organismo humano.</li> </ul>	<p>15 min</p> <p>100 min</p> <p>20 min</p> <p>50 min</p> <p>50 min</p>
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulação sobre a estrutura atômica, relacionando-a às propriedades periódicas para compreensão do processo de corrosão em escala submicroscópica, conectando ao fenômeno da placa. Animação disponível em: <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom</a></li> <li>• Simulação do fenômeno ocorrido quando da implantação de uma placa no organismo por meio de modelo de cartas, com representação matemática da reação de oxirredução, identificando a natureza dos reagentes.</li> <li>• Discussão sobre o comportamento do metal no corpo humano a partir da reação de redox e a estabilidade dos metais quando da intervenção experimental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreensão das relações entre estrutura atômica, raio atômico, eletronegatividade, eletropositividade e potencial de ionização dos metais com a ocorrência ou não de corrosão da placa no organismo.</li> <li>• Representação da reação de oxirredução por meio da equação química, caso fosse utilizada uma placa de ferro no organismo, identificando reações de simples troca, como também a não ocorrência de reação, se utilizado um metal não reativo.</li> <li>• Retomada dos conceitos de oxidação e redução para definição do potencial redox, estabelecendo relações com materiais inertes e seu comportamento no organismo.</li> </ul>	<p>50 min</p> <p>100 min</p> <p>30 min</p>
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão acerca da estabilidade dos metais e sua aplicabilidade, destacando-se aspectos sociais envolvidos na escolha do material constituinte da placa.</li> <li>• Retomada da situação-problema, discutindo os argumentos apresentados inicialmente e construídos ao longo da intervenção para finalização das resoluções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploração da questões sociais relacionadas ao implante de uma placa de platina ou de metal menos nobre revestido.</li> <li>• Associação entre a estabilidade da platina e sua utilização num implante para reestruturação óssea.</li> </ul>	<p>30 min</p> <p>50 min</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos didáticos</li> </ul>	<p>Quadro, <i>datashow</i>, computador, texto e materiais para as atividades experimentais.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaço físico</li> </ul>	<p>Laboratório de Ciências.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organização dos estudantes</li> </ul>	<p>Organização em duplas</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação</li> </ul>	<p>Verificação da participação dos estudantes nas discussões e acompanhamento da construção e reconstrução de ideias, bem como da capacidade de articulação de conceitos com contextos diversos, estabelecendo relação entre os objetivos pretendidos e os resultados efetivamente alcançados durante o desenvolvimento das atividades propostas, inclusive buscando detectar as dificuldades e deficiências na sistematização dos conteúdos, direcionando-nos para tomada de decisões no planejamento das próximas etapas de aplicação da SD. Nesse sentido, a avaliação será processual, ou seja, de acordo com o trabalho diário dos alunos numa perspectiva de avaliação formativa.</p>	