

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS NATURAIS

**CERÂMICAS E INTERAÇÕES CTS:  
UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO  
DE QUÍMICA E O ESTUDO DE ZONAS DE SENTIDOS**

**MIRELE CRISTINA FURLAN ROCHA**

**Profa. Dra. MARIUCE CAMPOS DE MORAES**  
ORIENTADORA

Cuiabá, MT  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS NATURAIS

**CERÂMICAS E INTERAÇÕES CTS: UMA ABORDAGEM  
EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA E O  
ESTUDO DE ZONAS DE SENTIDOS**

**Mirele Cristina Furlan Rocha**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Naturais da Universidade Federal de Mato  
Grosso, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ensino de  
Ciências Naturais.*

**Profa. Dra. MARIUCE CAMPOS DE MORAES**  
ORIENTADORA

Cuiabá, MT  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

R672c Rocha, Mirele Cristina Furlan.  
CERÂMICAS E INTERAÇÕES CTS: UMA ABORDAGEM  
EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA E O  
ESTUDO DE ZONAS DE SENTIDOS / Mirele Cristina Furlan  
Rocha. -- 2019  
99 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Mariuce Campos de Moraes.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de  
Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação  
Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2019.  
Inclui bibliografia.

1. Cerâmicas. 2. eletroforese. 3. educação científica. 4. zonas de  
sentido. 5. CTS. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT  
Tel : (65) 3615-8768 - Email : ppgecn.ufmt@gmail.com

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "CERÂMICAS E INTERAÇÕES CTS: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA E O ESTUDO DE ZONAS DE SENTIDOS"**

AUTOR : Mestranda Mirele Cristina Furlan Rocha

Dissertação defendida e aprovada em 12/12/2019.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Mariuce Campos de Moraes
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Interno	Doutor(a)	Edna Lopes Hardoim
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Doutor(a)	Leandro Carbo
Instituição :	Instituto Federal de Mato Grosso	

CUIABÁ, 12/12/2019.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Nelson dos Santos Furlan e Maria de Freitas Furlan. Aos meus irmãos Marcela Aparecida Furlan e Márcio Furlan. Aos meus sogros Onésimo Nunes Rocha (*in memoriam*) e Zelinda Nunes Farias Rocha. Por fim, ao meu esposo Onésimo Nunes Rocha Filho e aos meus amados filhos, Felipe Furlan Rocha e Davi Furlan Rocha, que são os tesouros mais preciosos que Deus me emprestou na Terra para motivar minha luta diária.

## AGRADECIMENTOS

*Meu agradecimento maior é a Deus, que me sustentou e me sustenta até hoje, me proporcionando oportunidades para que grandes sonhos se tornem realidade.*

*Aos meus amigos do mestrado que fizeram meus dias leves, divertidos e inteligíveis. A força e a motivação deles me alegravam nos dias tristes.*

*Aos meus filhos que são razão do meu viver, e a meu marido por todo apoio, paciência e correção ortográfica.*

*Aos meus pais e irmãos que mesmo longe me apoiaram sempre e intercederam por este trabalho.*

*Aos professores queridos do LabPEQ e do Instituto de Física da UFMT pela contribuição tão valiosa na minha formação. Pelos ensinamentos e oportunidade de me aperfeiçoar e aprender mais sobre o ensino da Química. Em especial, a Prof. Dra. Mariuce Campos de Moraes, mais que uma professora, uma mãezinha, pela paciência, dedicação e por estar sempre disposta a ajudar. Toda minha gratidão, pois sem sua orientação, apoio e confiança, nada disso seria possível.*

*Aos estudantes e amigos da Escola Estadual João Brienne de Camargo que contribuíram à realização e conclusão da minha pesquisa. Aos amigos da graduação, em especial ao Dr. Gabriel Mamoru Marques Shinohara pela amizade e solicitude.*

*À banca Examinadora no processo de Qualificação da Dissertação, Professores Dra. Edna Lopes Hardoim e Dr. Leandro Carbo, pelas riquíssimas contribuições que foram importantes para a finalização dessa dissertação.*

*Por fim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que eu alcançasse mais esse degrau da minha formação acadêmica. Muito obrigada!*

“O saber que não vem da experiência não é realmente saber.” Lev Vygotsky<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Esta citação foi retirada de REGO, Teresa Cristina. LEV VYGOTSKY - O teórico do ensino como processo social (2008).

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	III
LISTA DE TABELAS .....	IV
LISTA DE QUADROS .....	V
RESUMO .....	VI
ABSTRACT .....	VII
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 Proposta da pesquisa .....	5
<b>2.1 Justificativa da pesquisa</b> .....	7
3 Visão da complexidade dos conhecimentos científico e escolar .....	9
<b>3.1 Ensino aprendizagem e a formação de conceitos: sobre nossa noção de pensamento analítico</b> .....	10
3.1.1 Formação de conceitos.....	13
3.1.2 Os conceitos científicos e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) .....	14
3.1.3 Ensino aprendizagem e desenvolvimento: para além da simples abordagem de conceitos.....	16
<b>3.2 Abordagem temática no contexto da sala de aula: educar pela pesquisa por meio da experimentação e das complexas interações CTS</b> .....	17
3.2.1 A sequência didática .....	18
4 DIMENSÃO CONCEITUAL DA PESQUISA: aporte teórico para o estudo e compreensão das zonas de sentido.....	19
<b>4.1 Interações CTS</b> .....	22
<b>4.2 Ensino de química a partir das cerâmicas avançadas e a técnica de eletroforese</b> .....	26
4.2.1. Cerâmicas.....	26
4.2.2 Eletroquímica e eletroforese .....	30
4.2.3 Pentóxido de Nióbio - pó cerâmico .....	35
<b>5.1 Estudo da realidade</b> .....	38

<b>5.2 Organização do conhecimento</b> .....	39
<b>5.3 Aplicação do conhecimento</b> .....	40
<b>5.4 Elaboração do produto educacional</b> .....	41
5.4.1 Questionários de Problematização e Aprofundamento do conhecimento .....	42
5.4.2 Textos de referência.....	42
5.4.3 Suporte experimental .....	44
5.4.4 Planos de Aulas por unidades.....	44
5.4.5 Ficha de acompanhamento da aprendizagem.....	44
<b>6 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS: compreensão da produção de sentidos pelos sujeitos da pesquisa</b> .....	45
<b>6.1 Metodologia qualitativa interpretativa construtiva</b> .....	45
<b>6.2 O contexto de estudo</b> .....	46
<b>6.3 O estudo de caso</b> .....	47
6.3.1 Sujeitos da pesquisa.....	48
6.3.2. Instrumentos de coleta de dados.....	48
6.3.3 Análise de dados.....	49
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	51
<b>7.1. Ensino e aprendizagem e suas subjetividades</b> .....	51
<b>7.2 Completamentos de frase e zonas de sentidos dos quatro estudantes</b> .....	79
Considerações Finais.....	86
SUGESTÃO DE PESQUISA FUTURA .....	87
REFERÊNCIAS .....	88
APÊNDICE A.....	93
APÊNDICE B.....	95
APÊNDICE C.....	97
APÊNDICE D.....	98

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Diagrama de classificação de alguns processos de conformação de cerâmicas. .....	29
Figura 2: Capa do produto educacional. ....	41
Figura 3: molécula de etanol. ....	70
Figura 5 :Átomo de Hidrogênio formado o hidroxônio. ....	70
Figura 6: Montagem do sistema de eletroforese. ....	70
Figura 7 : Estudantes aferindo o pH da dispersão. ....	71
Figura 8: Estudantes queimando a palha em aço. ....	75
Figura 9: Estudante experimentando o seu ferrofluido. ....	75

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Quantidade total de resumos, artigos, teses ou dissertações. ....	20
Tabela 2: Trabalhos selecionados para análise. ....	21

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre cerâmicas e suas tecnologias. ....	52
Quadro 2: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionadas ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre impactos das mineradoras na sociedade.....	54
Quadro 3: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionadas ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre o conhecimento científico da Eletroquímica (pilhas e baterias). ....	59
Quadro 4: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados a organização do conhecimento sobre a experimentação de eletroforese.....	61
Quadro 5: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese.....	66
Quadro 6: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados a organização do conhecimento sobre os impactos ambientais a partir da técnica de eletroforese.....	68
Quadro 7: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre a experimentação de ferrifluidos.....	72
Quadro 8: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre os processos de oxido redução a partir da experimentação de ferrifluidos.....	74

## RESUMO

Rocha, M.C.F. **CERÂMICAS E INTERAÇÕES CTS: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA E O ESTUDO DE ZONAS DE SENTIDO**. Cuiabá, 2019. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso.

A experimentação, quando articulada às interações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), a experiência e ao sentido dos sujeitos envolvidos no processo educativo, contribui com a aprendizagem, expressa pela participação ativa do estudante, e com o ensino de conceitos químicos. Com foco na experimentação por meio da temática cerâmicas, o objetivo desta pesquisa foi compreender as zonas de sentidos dos estudantes e sua implicação no processo de ensino aprendizagem. Para isso, foi construída uma abordagem pedagógica com referencial teórico que reúne conhecimentos sobre eletroquímica, cerâmicas, interações CTS e técnica de eletroforese, pautado, tal referencial, no interacionismo. A pesquisa utilizou o estudo de caso, realizado com estudantes do ensino médio, na cidade de Cuiabá, no ano de 2019, em uma escola da Rede Estadual de Educação Básica do Estado de Mato Grosso, Brasil. Com base na metodologia qualitativa, foi realizado estudo com 12 sujeitos do 3º ano do Ensino Médio. Na primeira etapa da pesquisa, o acompanhamento do conhecimento prévio dos estudantes facilitou o aprendizado e a zona de desenvolvimento proximal foi trabalhada para que os estudantes transitassem entre o senso comum e o científico. Também foram organizados grupos para o desenvolvimento de atividades experimentais e teóricas, em suma, atividades essas viáveis para a transição da zona de desenvolvimento em que eles estavam. Na segunda etapa, os dados foram coletados por meio de questionários abertos, completamento de frases, conversas e observações em sala. Tais recursos foram importantes no delineamento de indicadores para compreender as zonas de sentidos dos estudantes participantes da pesquisa e, posteriormente, para elaborar uma análise construtivo-interpretativa. A análise das zonas de sentidos dos estudantes, a partir de suas produções decorrentes de sua participação ativa, levou a diferentes expressões externalizadas, relacionadas a uma dimensão interna, de caráter simbólico-emocional, sobre a relação dos estudantes com as atividades experimentais e teóricas. Essas zonas de sentido mostraram-se oportunas para o entendimento de aspectos importantes que apontam diversas interações com as questões elaboradas pela pesquisadora, dentre elas: atenção, segurança, autonomia, preocupação com o meio ambiente e responsabilidade. Percebeu-se ainda que tais interações estavam articuladas a diversos contextos sociais e tecnológicos que os estudantes vivenciaram, o que favoreceu a formação dos conceitos científicos de pilhas, baterias e eletrólise. Diante do exposto, esta pesquisa soma-se àquelas que defendem a aprendizagem como um processo que se realiza de forma gradual, proximal e interativa, e por zonas de desenvolvimento diferentes.

**Palavras-chave:** Cerâmicas, eletroforese, educação científica, zonas de sentido, CTS.

## ABSTRACT

Rocha, M.C.F. **CTS CERAMICS AND INTERACTIONS: AN EXPERIMENTAL APPROACH TO CHEMICAL TEACHING AND STUDY ZONE STUDIES.** Cuiabá, 2019. Dissertation (Master degree). Postgraduate Program in Natural Sciences Teaching, Federal University of Mato Grosso.

Experimentation, when articulated with STS (Science, Technology and Society) interactions and the experience and meaning of the subjects involved in the educational process, contributes to learning, expressed by the active participation of the student, and the teaching of chemical concepts. Focusing on experimentation through the ceramic theme, the objective of this research was to understand the students' sense zones and their implication in the teaching-learning process. For this, a pedagogical approach was built with theoretical framework, based on interactionism, which brings together knowledge about electrochemistry, ceramics, STS interactions and the electrophoresis technique. The research ended in the case study, conducted with high school students, in the city of Cuiabá, in 2019, in a school of the State Basic Education Network of the State of Mato Grosso, Brazil. Based on the qualitative methodology, a study was conducted with 12 subjects from the 3rd year of high school. In the first stage of the research, the follow-up of students' prior knowledge facilitated learning and the proximal development zone was worked to move between common and scientific senses. The formation of groups was also organized, in order to develop activities aimed to transition from the development zone in which they were. In the second stage, the data were collected through open questionnaires, sentence completion, conversations and classroom observations that were important to delineate indicators to understand the sense zones of the students participating in the research, and subsequently be analyzed through a constructive-interpretative analysis. The analysis of the students sense zones, based on their productions resulting from their active participation, led to different externalized expressions, thus related to an internal dimension of symbolic-emotional character, about the students' relationship with the experiment and proved timely to understand important aspects that point to several notions, including: attention, safety, autonomy, concern for the environment and responsibility. It was also noted that such notions were linked to various social contexts that the students experienced, which favored the formation of scientific concepts of batteries, batteries and electrolysis. Given the above, this research adds to those that defend learning as a process that takes place gradually, proximal and interactive, and by different development zones.

**Keywords:** Ceramics, electrophoresis, science education, sense zones, STS.

## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Química pode ser problematizado a partir da experiência. Costuma-se pensar a relação entre ciência e técnica, teoria e prática, sendo-nos possível pensá-la com base nas interações entre experiência, sentido, experimentação, espaços educativos, ciência, tecnologia e sociedade. Durante uma aula, uma conversa ou até mesmo um documentário, podemos dizer que sabemos coisas que antes não sabíamos. Muitas informações nos são remetidas todos os dias, mas nem todas são vivenciadas, experimentadas ou capazes de nos tocar. Talvez por falta de tempo, ficamos com muitas informações sem termos vivenciado nenhuma experiência.

O que iremos propor é uma possibilidade mais existencial (sem ser existencialista) e mais estética (sem ser esteticista), a saber, pensar a educação a partir do par experiência e sentido. A experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca. Não o que se passa, não o que acontece, ou o que toca, mas o que faz sentido porque estamos envolvidos e participando ativamente do processo. Portanto isso apresenta significados e nos leva ao aprendizado. (LAROSSA, 2002).

Tomar por partida a experiência na prática, em que os sujeitos envolvidos na pesquisa participem ativamente sem roteiros pré-definidos, mas com informações sobre o assunto estudado, implica um contraponto à conservadora pedagogia da transmissão, além de ser desafiante.

Educar pela pesquisa, por meio da experimentação, possibilita maior interação entre fenômeno e teoria, desde que esta esteja teoricamente orientada e articulada. Para isso, é importante que o professor assuma a aula como um espaço coletivo de aprendizagem, onde estudantes e professores sejam parceiros. Deve favorecer também um ambiente propício para que o(a) docente possa, com os estudantes, chegar a questionamentos cada vez mais críticos e criativos, além de proporcionar o desenvolvimento da capacidade comunicativa por meio da construção cada vez mais elaborada de argumentos e contra-argumentos (GALIAZZI; MORAES; RAMOS, 2003).

As pesquisas científicas apontam que a experimentação pode contribuir para formar e desenvolver um pensamento crítico. Além disso, ela é importante por contribuir para a formação de conceitos e a noção de que o conhecimento científico permite a consciência reflexiva, em que a relação com o objeto é mediada por outro

conceito já aprendido, o que resulta em uma melhor compreensão da realidade concreta (SILVA et al., 2011).

Com apoio nessas pesquisas e com a pretensão de desenvolver um ambiente escolar dotado de discussões e pensamentos cada vez mais críticos, que levem em consideração problemas socioambientais, considera-se pertinente educar pela pesquisa por meio da experimentação, via problematização e investigação de cerâmicas em uma abordagem CTS.

Sendo assim, a experimentação projetada neste trabalho envolve conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais, ambientais e culturais que merecem ser estruturados a um tema, em específico as cerâmicas, para serem abordados no ensino médio, no sentido de proporcionar uma formação mais significativa aos estudantes e ampliar as possibilidades para que estes atuem de forma mais participativa na sociedade (SANTOS et al., 2011)

A reflexão da ciência em conjunto com a tecnologia e a sociedade faz que possamos assumir uma melhor compreensão entre tais interações e, por isso, desenvolver uma melhor consciência sobre as circunstâncias sociais. Neste trabalho analisaremos as zonas de sentido dos estudantes produzidas em função da experimentação das cerâmicas.

As cerâmicas estão entre os materiais mais antigos utilizados nas atividades humanas. Estão ligadas à sobrevivência do ser primitivo: pela necessidade de recipientes para transporte de água, por exemplo. Elas apresentam conteúdo material e cultural em suas raízes. Utilizá-las na experimentação por meio da técnica de eletroforese problematiza raízes, lugares, histórias e vivências dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Além do mais, as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio definem a pesquisa como princípio pedagógico, possibilitando que o estudante possa ser protagonista na investigação e na busca de respostas em um processo autônomo de (re) construção de conhecimentos para sua emancipação (BRASIL, 2006).

Nesse sentido, González Rey (2003), pela teoria da subjetividade, ajuda-nos a entender as interações entre a sociedade e o individual, implicadas na subjetividade, com as quais o sujeito está permanentemente comprometido no processo de suas reflexões, práticas sociais e sentidos subjetivos.

Os processos sociais e individuais não são excludentes; ao contrário, eles implicam de forma recíproca nos processos de constituição subjetiva do sujeito. Em cada momento histórico, nos diferentes extratos sociais e culturais de uma sociedade,

existem configurações subjetivas singulares se desenvolvendo. Nesse sentido, a subjetividade é uma expressão simbólico-emocional que caracteriza a produção psíquica nos diferentes espaços e áreas da vida humana.

A sociedade e a sala de aula são espaços de relações intersubjetivas onde a docência apoiada no diálogo pode viabilizar a emancipação dos estudantes, para que eles possam ser protagonistas ativos no processo. É pelo diálogo, vinculado à formação cidadã, que se pode apoiar a docência em seu caráter de atividade social, pois em sala de aula estão sujeitos em desenvolvimento que, por sua autonomia, são capazes de implicar-se em processo de conhecimento e comprometimento, capazes de problematizar suas responsabilidades, intenções e finalidades (MORAES, 2014).

Dentro dessas relações intersubjetivas, é interessante destacar que aprender Ciências vai além dos conteúdos conceituais e da sua simples exemplificação de conceitos com fatos. A contextualização histórica, social, cultural e tecnológica é importante para compreender os empreendimentos humanos e sociais na sua totalidade e o modo como o conhecimento tem-se organizado nas questões ambientais, na formação cultural e na saúde humana.

A aprendizagem deve favorecer o protagonismo ativo, que tem pensamento reflexivo sobre o que está fazendo, para que os estudantes possam enfrentar questões no mundo do trabalho e na vida individual, sobre saúde, ambiente, segurança, entre outras.

Vygotsky (2005), já nos alertava que o indivíduo não aprende só porque se desenvolve biologicamente, mas, por apresentar o desenvolvimento biológico, ele se desenvolve porque faz interações com o meio em que está inserido. E o pensamento se desenvolve em interação com a linguagem, sendo esta determinada pelos instrumentos linguísticos do pensamento e a experiência sociocultural do indivíduo.

Além do mais, pretende-se também contribuir para uma reflexão sobre a própria ciência na sociedade: que a ciência se reconheça como parte integrante da cultura no seio da qual se desenvolve, pois a objetividade científica, durante muito tempo, fora definida como ausência de referência ao observador e, de agora em diante, encontra-se definida por uma relação observador-observado, compreendida contemporaneamente como uma interação complexa (PRIGOGINE, 1984).

Essas complexas interações que relacionam o observador-observado e a tensão entre as possibilidades e os riscos decorrentes do conhecimento das ciências raramente chegam às salas de aula, pois permanecemos seguindo livros didáticos e priorizando

conteúdos tradicionalmente explorados (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

No contexto dessa tensão entre possibilidades e riscos decorrentes do conhecimento das ciências, que está inserido no repertório social pelos meios de comunicação, influenciando decisões econômicas, políticas e éticas, foi construída uma abordagem pedagógica. Esse material didático, com interações CTS, a partir da temática das cerâmicas, será nosso aporte para investigar o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos, por intermédio das zonas de sentidos dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

Para apresentar o desenvolvimento e as conclusões dessa pesquisa, no capítulo II (dois) tem-se a proposta, o problema, o objetivo e a justificativa do tema pesquisado. No capítulo III (três) estão a dimensão epistemológica da pesquisa e o referencial de ensino e aprendizagem, ambos referenciados na complexidade da constituição do sujeito. No capítulo IV (quatro) temos a dimensão conceitual da pesquisa, com uma revisão bibliográfica que envolve as cerâmicas, as interações CTS e a eletroforese, evidenciando-se suas particularidades, para a produção do material didático. O capítulo V (cinco) apresenta o material didático produzido e utilizado como abordagem pedagógica, além da simples abordagem de conceitos, para delinear as zonas de sentido envolvidas no processo de ensino e aprendizagem dos sujeitos da pesquisa. O capítulo VI (seis) retrata as orientações metodológicas para a compreensão das zonas de sentidos pelos sujeitos da pesquisa. Por fim, no capítulo VII (sete) estão expostos os resultados obtidos, que compreende a produção dos sujeitos durante os encontros e as suas evidências de ensino e aprendizagem, acompanhado das considerações finais.

## 2 PROPOSTA DA PESQUISA

Por se tratar de um trabalho vinculado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais, concebe-se esta investigação a partir de sua dualidade, ou seja, da elaboração simultânea de um material didático com abordagem pedagógica e de uma Dissertação.

Visando a articulação, no sentido do sujeito participar do processo ativo e construtivo do processo ensino-aprendizagem, o desenvolvimento da pesquisa caminhou para a investigação das zonas de sentido dos estudantes em relação à aprendizagem, por meio do material didático intitulado “Cerâmica e Interações CTS: Uma Abordagem Experimental Para o Ensino de Química”. A sequência didática proposta nesse trabalho integra conteúdos de eletroquímica e envolve questões ambientais, em virtude da experimentação de cerâmicas.

Dada a definição do tema, o problema de pesquisa teve a seguinte pergunta:

*Qual é a contribuição das interações CTS, experimentação e cerâmicas para a compreensão de zonas de sentidos e a sua implicação no ensino aprendido dos sujeitos participantes da pesquisa?*

A hipótese é a de que a aprendizagem decorrente da participação ativa dos sujeitos, fundamentada no referencial teórico e no epistemológico, possa contribuir para a formação de conceitos químicos em decorrência de interações CTS e experimentação. A participação ativa, para González Rey (2005), implica manter os sujeitos em atividade. O sujeito ativo é aquele que tem um pensamento reflexivo sobre o que está fazendo, ou seja, ele não simplesmente executa a tarefa, mas se envolve no processo em que está inserido. O pensamento e a linguagem, nesse processo, são muito importantes para gerar atividades que sempre estão em constante modificação.

Sendo assim, esta é uma pesquisa que, pela elaboração de um material didático com foco nos conceitos de eletroquímica, visa pedagogicamente articular o tema da experimentação, com base na experiência e no sentido do sujeito participante do processo.

Para além do processo educativo, o objetivo geral da pesquisa foi compreender zonas de sentidos dos estudantes durante a abordagem da temática Cerâmicas, bem como verificar qual contribuição tais zonas trazem para o ensino e o aprendizado de conceitos químicos. Para isso, foi necessário compreender o modo como as interações CTS estão presentes na sociedade e a sua importância para a formação humana,

problematizando a cerâmica, articulada aos diversos contextos sociais que os estudantes vivenciam e vivenciaram.

Para atender aos propósitos da pesquisa, os objetivos específicos envolvem a investigação no campo das contribuições didático-pedagógicas relacionadas a epistemologia, teoria de aprendizagem, linguagem e clareza das ideias, para desenvolver um instrumento que relacione o ensino e a aprendizagem dos conceitos químicos, passando pela subjetividade dos estudantes envolvidos no processo. Para tanto, diversos questionamentos foram feitos:

- Pensando na experimentação em ciências, como as cerâmicas funcionais poderiam aguçar o espírito criativo, ficando bem longe do determinismo mecanicista?
- Qual referencial teórico de aprendizagem pode orientar as ações pedagógicas para favorecer o ensino de conhecimentos científicos, por meio da experimentação levando em conta a singularidade dos estudantes, seu contexto histórico e social?
- Sobre a abordagem CTS, você considera que ela proporciona uma maior interação entre os sujeitos e o fenômeno envolvido?
- Que recursos didáticos podem servir às práticas pedagógicas dos professores na mediação do ensino e da aprendizagem de conceitos de eletroquímica pela temática das cerâmicas?
- Qual é a finalidade de discutir os impactos decorrentes da aplicação do conhecimento científico e da linguagem CTS?
- Quais os conceitos de Química passíveis de serem estudados por intermédio da temática de cerâmicas e da técnica de eletroforese?
- Como a subjetividade dos sujeitos está relacionada à aprendizagem?

## 2.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A pesquisa envolve as interações CTS; o conteúdo de Química de materiais – em destaque os materiais cerâmicos avançados, tão presente no cotidiano dos estudantes, como nos televisores e aparelhos celulares; a abordagem do tema eletroquímica por meio da eletroforese; e o desenvolvimento da experimentação via materiais improvisados e de baixo custo quando comparados aos utilizados nas pesquisas científicas atuais.

Diante do exposto, tal pesquisa se justifica porque investiga questões pedagógicas pertinentes e relevantes com a experimentação, problematizando as experiências e os sentidos dos sujeitos envolvidos (LAROSSA, 2002), além de levantar reflexões críticas sobre o assunto estudado e os conceitos de eletroquímica.

A falta de interesse ou desmotivação dos estudantes em relação às aulas de química é um problema, pois eles não conseguem associar o que aprendem em sala com a realidade. Neste sentido, a experimentação pode ajudar, sendo uma proposta de grande potencial que instiga a curiosidade e o engajamento de todos, pois, quando adequadamente articulada, pode promover conhecimento, melhorar interação entre os estudantes, bem como transcender a visão de que os conhecimentos não apresentam significados para além da sala de aula.

Consonante com a formação humana tida como singular, também se admite que os estudantes são sujeitos que não podem ser pensados separados do seu contexto histórico e social, e a experimentação pode despertar os sentidos e a experiência de vida de cada um deles.

Levando-se em consideração que o mundo moderno tem sofrido pela filosofia das escolhas, entre contrários irreduzíveis e categóricos, em que o conhecimento se reduz a polos e a classificação substitui a construção (DEWEY, 1986), faz-se necessário superar essa dicotomia dando espaço as diferentes formas de conhecimento, resgatando o subjetivo (GONZÁLEZ REY, 2007).

O sujeito, como protagonista da sua própria história, tem de ser crítico e deve pensar no desenvolvimento da ciência em conjunto com as questões ambientais. Esse pensamento complexo que visualiza o todo, sem segregar as partes, é de extrema importância, pois essas questões atingem uma comunidade inteira. Os políticos e gestores também precisam ser coerentes e não pensar apenas nos ciclos políticos, sendo necessária uma maior sensibilidade para os impactos sociais negativos decorrentes da

tecnologia. O sujeito, como protagonista, tem participação ativa no processo e reflete sobre o que está fazendo.

Cachapuz e Praia (2002), diante de tantas situações, fazem-nos refletir que não é possível o crescimento pessoal sem a educação em ciências. Nesse contexto os autores nos afirmam que, se não existir uma educação em ciências de qualidade, o crescimento pessoal do cidadão fica comprometido, visto que ele não terá uma leitura de mundo que afronte o senso comum, não sendo possível tal crescimento. A difusão da ciência ainda é precária. Existe um abismo entre o que os cientistas sabem e o que o público entende, mas para que ela avance é preciso um encantamento pelos jovens. Além de problematizar e discutir, o ensino de ciências deve contribuir para formar cidadãos que sejam capazes de compreender e questionar a ciência do seu tempo, no contexto histórico e social em que eles estejam inseridos. Com esse pensamento, faz-se necessário revisitar formas de fazer uma aprendizagem que faça sentido, que não seja decorada e sim entendida e interpretada em diversas situações.

Nesse contexto, a abordagem CTS é interessante, pois visa a inter-relações entre ciências de forma geral, em um contexto social, com enfoque em aspectos inter e transdisciplinares. Nesta linguagem, o estudante passa a ser considerado um sujeito crítico, que estará sendo preparado para tomar atitudes inteligentes, com uma base voltada para as questões sociais. A experiência e o sentido da experimentação também são situações que colocam os sujeitos frente a desafios que precisam ser resolvidos. Essa participação ativa no processo faz que fiquemos bem longe do determinismo mecanicista.

### 3 VISÃO DA COMPLEXIDADE DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICO E ESCOLAR

Neste capítulo temos a visão da epistemologia que alicerçou a pesquisa. Os estudantes não são problemas, eles lançam novos desafios todos os dias e em todos os momentos. Vivemos em um sistema complexo, em que os sujeitos são singulares, únicos e não podem ser dissociados do seu ambiente histórico e social. A complexidade desperta-nos do sono profundo de Newton para um novo tempo, um novo recomeço, cheio de rupturas, em que o futuro não está definido e o presente é apenas uma seta que nos permite seguir em uma estrada com várias bifurcações (PRIGOGINE, 1997). Nessas bifurcações encontraremos diferentes realidades, cada uma delas com inúmeras variantes, pois só as máquinas teoricamente terão sempre as mesmas respostas.

A ciência passou por uma metamorfose no século XX, possibilitando uma nova aliança entre natureza e homem, que antes era visto como um simples espectador, replicador. Nesse sentido, Prigogine e Stengers (1997), ajuda-nos entender melhor a relação sujeito e objeto no campo epistemológico e no ontológico. No campo epistemológico, o conhecimento é adquirido por meio não só de uma interação, mas também de uma participação com a natureza em determinado momento histórico. O campo ontológico indica-nos que o sujeito e o objeto são indissociáveis, e que a irreversibilidade do tempo é condição essencial para essa conexão, em que passado e presente são momentos diferentes e não eternos.

Para os autores, dar incertezas e objetivar meios de rupturas pode transformar o sujeito, que, tendo base científica e tecnológica para criar, é capaz de responder às questões que irão surgir sobre determinado problema. Tais problemas apresentam soluções indeterminadas, pois existem muitas variantes que não deixam o determinismo mecanicista imperar. Uma delas é a irreversibilidade, contrária à mecânica clássica, com contribuições de Boltzmann e Gibbs, e vem sendo investigada em conjunto com as probabilidades de ocorrência dos eventos.

Para o âmbito escolar, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012), apresentam-nos a reversibilidade com equações igualmente válidas no presente e no futuro. Essas equações, todavia, não são suficientes para as diversas observações e a sobrevivência dos indivíduos.

O conhecimento é a interação não neutra entre o sujeito e o objeto. Essa relação deve ser a base para a interação professor e estudante. Por não serem tábulas rasas, os

estudantes possuem conhecimentos prévios que devem ser trabalhados. Os conhecimentos trabalhados têm de ser historicamente contextualizados, permitindo-se assim a interpretação e a atuação sobre eles, podendo ser transformados, pois o saber não está pronto e acabado, nem muito menos é absolutamente verdadeiro.

Aquilo que o sujeito já traz consigo – suas vivências, histórias e sua participação ativa na comunidade – pode ser resgatado na experimentação em ciências. Utilizar o que o sujeito já apresenta como bagagem e aprofundar seus conceitos faz que ele desperte do determinismo mecanicista e positivista que há muito tempo tem definido nossos rumos (GONZÁLEZ REY, 2005).

### ***3.1 Ensino aprendizagem e a formação de conceitos: sobre nossa noção de pensamento analítico***

Talvez um dos grandes problemas da educação seja o da transmissão, o pensar que o estudante é vazio e que iremos preenchê-lo, desconsiderando toda bagagem que ele traz. Valorizar apenas o trabalho individual, a atenção, a concentração, o esforço e a disciplina, como garantias para a apreensão do conhecimento, faz que não seja possível um ser atuante, com pensamento ativo.

Devemos saber que os sujeitos possuem conhecimentos prévios, pois participam de relações sociais e naturais em todos os momentos e lugares. Entender a cultura e o universo, as visões de mundo e os valores em que estão inseridos pode facilitar o aprendizado para nossos estudantes (REGO, 2002; FREIRE, 2011).

O sujeito, além de se desenvolver biologicamente, desenvolve-se também no meio em que ele está inserido, na sua história e sua cultura, que são indissociáveis. Na abordagem de Vygotsky (1982), os seres humanos são transformados nas relações que acontecem em uma determinada cultura. Essa transformação não é uma somatória de fatores inatos, mas sim uma interação dialética que acontece desde o nascimento entre o sujeito e o meio social e cultural em que ele vive. Sendo assim, o desenvolvimento dá-se por uma organização do funcionamento psicológico e não apenas um acúmulo de hábitos. O processo de desenvolvimento consiste em apropriar-se de saberes, objetos, normas e instrumentos culturais em atividades conjuntas (escola, família), sendo artificial até a interiorização progressiva de operações psicológicas originadas intersubjetivamente (BAQUERO, 1998).

Nós, na qualidade de professores, às vezes nos centramos nas exigências da nossa matéria e esquecemos as vivências e as histórias dos estudantes que ali estão, tratando-os de forma coletiva e genérica. Cada estudante é um sujeito da aprendizagem, alguém que realiza uma ação e não apenas recebe (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO; 2012).

Para os autores, a escola permite construções de relações sociais com regras, na qual se aprende valores e modos de convivência social. A sala de aula é um espaço subjetivo, onde há trocas reais entre os sujeitos e diálogos estabelecidos em meio ao conhecimento sobre o mundo em que se vive. Por ser coletivo, o espaço escolar estabelece mediação entre o afetivo e o cognitivo dos participantes. Essa construção coletiva é um desafio alimentado pela curiosidade de trazer o mundo externo para a escola, é fazer que o meio seja oportuno para a aprendizagem

Nesse contexto, a função da escola é preparar os estudantes para o exercício consciente da cidadania. Com temas significativos, aquela deve apresentar os conhecimentos como históricos e processuais, tornando o aprendizado uma conquista pessoal e coletiva para uma vida melhor. O estudante é um sujeito da sua própria aprendizagem, que adquire em suas vivências, nas experiências com demanda e tempo próprios.

Devemos considerar ainda que existem diferenças entre os sujeitos: uns são mais predispostos do que os outros em certas atividades, em razão do fator genético ou físico, mas não é essa diferença que determina a aprendizagem. O sujeito não é um ser passivo e sim capaz de interagir com o mundo. Portanto, discorda-se dos modelos inatistas que determinam as características comportamentais universais do ser humano, por se compreender que o sujeito é atrelado a sua conjuntura histórica, além da estrutura biológica (VYGOTSKY, 1982).

O professor faz a mediação e planeja condições para facilitar as ações de aprendizagem, para isso o sujeito precisa ter disposição para aprender, pois a aprendizagem só é construída com a interação entre o sujeito e o meio natural e social em que ele está inserido. Nós somos seres que aprendemos o tempo todo, por necessidade, vontade ou interesses.

Nas palavras de Teresa Cristina Rego (2002, p. 98), ao descrever a Teoria Vygotskyana:

Em síntese, nessa abordagem, o sujeito produtor de conhecimento não é um mero receptáculo que absorve e contempla o real nem o portador de verdades oriundas de um plano ideal; pelo contrário, é um sujeito ativo que em sua relação com o mundo, com seu objeto de estudo, reconstrói (no seu pensamento) este mundo.

Sendo o sujeito um ser ativo em sua relação com o mundo, Vygotsky (2005) apresenta-nos os processos psicológicos superiores (PPS), que têm origem histórica social, sendo importantes os instrumentos de mediação a partir de uma perspectiva genética ligada à filogênese, que se preocupa com o ser dentro da espécie, e à perspectiva da ontogênese, que estuda a individualidade do sujeito.

O desenvolvimento de PPS concebido como processo histórico e culturalmente organizado depende de situações sociais específicas em que o sujeito participa. Sendo assim, o desenvolvimento de PPS no domínio ontogenético, segundo o autor, apresenta duas linhas: cultural e natural (biológica).

Há muito tempo o desenvolvimento da consciência humana foi determinado por um desenvolvimento autônomo das funções isoladas, e as relações entre elas não tinham muita importância. Por exemplo: a percepção estava sempre ligada à atenção, de forma idêntica. No entanto, o desenvolvimento psíquico indica que existem relações e variáveis ao longo do desenvolvimento, que este não é isolado e autônomo como se pensava. A direção do desenvolvimento do pensamento sob o ponto de vista da linguagem como um todo evolui de forma que a fala tem a função de comunicação, contato social, sendo no início global e posteriormente diferenciada. Somos, nas palavras de Vygotsky, primeiro sociais e depois nos individualizamos.

Para ele, a evolução dos processos mentais apresenta relação direta com o modo em que o sujeito enxerga o mundo real, sendo diretamente relacionado com a fala. A fala mais primitiva da criança, em sua hipótese, é essencialmente social, sendo global e multifuncional. Após certa idade, a fala divide-se em egocêntrica e comunicativa, sendo as duas sociais, apesar de apresentar funções diferentes. A fala egocêntrica gera a fala interior, e serve para o pensamento autístico<sup>2</sup> e lógico, sendo este momento um elo de

---

<sup>2</sup> Oposto ao pensamento realista, é uma forma de pensamento que leva a certo grau de autonomia da realidade, o que permite satisfazer nas fantasias, necessidades frustradas da vida. Atividade mental em que o foco é dirigido para dentro e o pensamento é subjetivo, em oposição ao objetivo (sonhar acordado e fantasiar) (Vygotsky, 2005, p. 26)

extrema importância para a transição da fala oral para a fala interior. Nessa concepção temos que o desenvolvimento do pensamento vai do social para o individual, e o desenvolvimento varia profundamente de acordo com a interpretação dada à fala egocêntrica. A fala egocêntrica auxilia no planejamento e na resolução de problemas à medida que as atividades ficam mais complexas.

O pensamento se desenvolve junto com a linguagem, que é articulada aos instrumentos linguísticos do pensamento e a experiência sociocultural da criança. A fala interior depende de fatores externos para seu desenvolvimento e crescimento intelectual, depende dos meios sociais do pensamento, isto é, da linguagem. Comparando o desenvolvimento inicial da fala e do intelecto, com o da fala interior e do pensamento verbal, conclui-se que o último estágio se transforma do biológico para o sócio-histórico, não sendo uma simples continuação do primeiro. O pensamento verbal é determinado por um processo histórico cultural, não é uma forma inata e natural do comportamento, estendendo-se para além dos limites da ciência natural para a psicologia social.

### ***3.1.1 Formação de conceitos***

Como vimos, a linguagem é importante para o desenvolvimento do pensamento. Ela é articulada aos instrumentos linguísticos do pensamento e pela experiência sociocultural da criança. Com a linguagem podemos avançar para formar os conceitos.

Para Vygotsky (2005), a formação de conceitos é mediada pelas operações intelectuais, em que todas as funções mentais elementares participam de uma combinação específica. Essas operações são dirigidas pelas palavras, que serão sintetizadas e simbolizadas por meio de um signo.

Existem duas linhas principais para a formação dos conceitos. Em uma delas há a formação dos complexos, em que o sujeito forma grupos com diversos objetos sob um nome de família comum. Na outra linha, há formação de conceitos potenciais, isolando certos atributos comuns. Nas duas linhas a palavra é parte integrante do desenvolvimento do processo. Nesse contexto, observamos a importância das palavras: quando bem organizadas e entendidas, fazem que o sujeito avance seus conhecimentos, saia do senso comum e vá para o conceito científico.

### ***3.1.2 Os conceitos científicos e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP)***

A formação de conceitos não é apenas a soma de conexões associativas formadas pela memória; é um ato complexo e real que não pode ser treinado, só pode ser realizado quando o desenvolvimento mental do indivíduo tiver atingido o nível necessário. Nesse nível, muitas funções são desenvolvidas: memória lógica, abstração, capacidade para diferenciar e comparar. A prática mostra que ensinar conceitos por memorização tal qual um papagaio, na maioria das vezes, é infrutífero (VYGOTSKI, 2005).

O conceito científico tem importante implicação para a educação e o aprendizado, e existe uma complexa relação entre o aprendizado escolar e o desenvolvimento mental do sujeito. O conhecimento científico permite a consciência reflexiva, em que a relação com o objeto é mediada por outro conceito já aprendido.

O desenvolvimento das bases psicológicas para o aprendizado desdobra-se em uma interação contínua com suas contribuições, não coincidindo com a curva do aprendizado escolar. Em geral o aprendizado de conceitos escolares precede o desenvolvimento das bases psicológicas do que está sendo aprendido, o que ajuda a passar para um nível mais elevado de desenvolvimento.

Sendo assim, os conteúdos escolares facilitam o aprendizado em conjunto, uma matéria auxilia a outra e as funções psicológicas por elas estimuladas desenvolvem-se ao longo de um processo complexo.

Toda essa complexidade das funções psicológicas remete-nos à formação das zonas de desenvolvimentos.

A zona de desenvolvimento proximal é indicada pela discrepância entre a idade mental real e o nível que a criança atinge ao resolver problemas com auxílio de outra pessoa. Nas palavras de Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal é (1998, p. 97):

“[...] a distância entre o nível do desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (p. 97).

Um problema difícil, que necessita de uma assistência para o desenvolvimento, logo não precisará mais de auxílio, quando o sujeito atingir determinada zona de

desenvolvimento. Quanto maior a ZDP, maior seu aproveitamento escolar. A imitação e o aprendizado são importantes, pois o que a criança faz em cooperação hoje será capaz de fazer sozinha amanhã. A aprendizagem organizada torna-se desenvolvimento e desencadeia uma série de processos evolutivos. Nesse sentido, não é toda interação entre pessoas que gera desenvolvimento; são necessárias instâncias de boa aprendizagem e ensino. A boa aprendizagem é a que precede o desenvolvimento e permite a sua reprodução (BAQUERO, 1998).

O aprendizado positivo é aquele que caminha à frente do desenvolvimento, voltando-se para as funções em amadurecimento, em que a relação entre o pensamento e a palavra torna-se um movimento contínuo, passando por transformações, nas quais o pensamento amadurece e desenvolve-se, solucionando os problemas (VYGOTSKI, 2005).

A aprendizagem deve operar sobre os níveis superiores da ZDP, ou seja, sobre as conquistas de desenvolvimento ainda em aquisição, em que é necessária a intervenção de outra pessoa.

Intervir sobre a ZDP permite operar sobre as funções que estão em desenvolvimento nos sujeitos. A presença de cenários experimentais, definição social da situação e abstração são condições importantes para instrumentalizar o aprendizado nesta etapa (BAQUERO, 1998).

O desenvolvimento interno de capacidades complexas dos próprios comportamentos é o que impulsiona o desenvolvimento geral. Com a aprendizagem, vários desses processos evolutivos internos são despertados e esses processos operam apenas quando o sujeito interage com outras pessoas em seu meio e em cooperação com alguém semelhante. Isto nos remete à ZDP criada por esses traços de aprendizagem.

O que o sujeito realiza hoje com o auxílio de alguém, no futuro realizará com autonomia sem assistência alguma. Essa autonomia, que é produto de uma assistência passada, forma uma relação dinâmica entre aprendizagem e desenvolvimento.

### ***3.1.3 Ensino aprendizagem e desenvolvimento: para além da simples abordagem de conceitos***

As relações de ensino, aprendizagem e desenvolvimento são complexas. Operar sobre as funções em desenvolvimento requer determinar relações entre as pré-condições estabelecidas pelo nível de desenvolvimento prévio dos sujeitos e a possível aprendizagem subsequente, a ZDP e as práticas educativas.

O sujeito se forma como uma apropriação recíproca entre os domínios ontogenéticos e sócio-histórico. Sendo assim, o referencial teórico que deve nortear as ações pedagógicas não pode estar desconectado da singularidade dos sujeitos. Estes apresentam um contexto histórico e social. A cerâmica com abordagem CTS proposta nesse trabalho está conectada com a singularidade e o aspecto social dos estudantes.

A natureza dos dispositivos de ensino, as características da organização das atividades e as definições das tarefas nas práticas de ensino são muito importantes para o sucesso da aprendizagem. O uso colaborativo nas formas de mediação para criar, obter e comunicar sentido é um dos focos para ajudar os sujeitos a se apropriarem da própria aprendizagem (MOLL, 1996).

As modalidades do uso do discurso e a construção de conhecimento são relações importantes para estudo da aprendizagem e suas interações.

Suportes e materiais pertinentes para que aconteçam as interações ajudam os sujeitos em dificuldade. As interações são consideradas instâncias de conhecimento, em que os sujeitos aprendem a fazer o que antes era sabido por apenas um deles. Essas assimetrias entre os pares professor-estudante e estudante-estudante constituem papel importante no ensino e na aprendizagem, modificando a ZDP (BAQUERO, 1998).

Estratégias de ensino são utilizadas para alcançar êxito. Uma delas é abordar o ensino por temas sociais, pois é importante o conhecimento científico estar atrelado ao ensino e à sociedade.

Isso faz que o professor tenha de planejar estratégias diferentes de ensino e não seja refém do livro didático, pois pesquisas desde a década de 70 apontam sua insuficiência. O trabalho do professor deve direcionar-se para a apropriação crítica dos estudantes, no que se refere ao conhecimento científico e tecnológico, para que este se incorpore no universo das representações sociais e se constitua como cultura. Sendo assim, a contribuição de recursos como paradidáticos, sequências didáticas, guias, revistas, CD-ROMs, jornais e vídeos científicos deve estar mais presente na realidade

escolar em favor da melhoria do ensino e da aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

### ***3.2 Abordagem temática no contexto da sala de aula: educar pela pesquisa por meio da experimentação e das complexas interações CTS***

A perspectiva da abordagem temática desenvolvida permite articular temas sociais e conteúdo curricular. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012, p. 272), a:

“[...] adoção da abordagem temática representa também uma ruptura com a lógica segundo a qual os programas têm sido elaborados, a saber: a estruturação pela abordagem conceitual, que organiza os conteúdos escolares com base em um elenco de conceitos científicos.”

A proposição de temas é objeto a ser compreendido no processo educativo, pois essa estruturação das atividades rompe com a abordagem tradicional que concebe o currículo com base em conceitos, além de aquela nova estruturação conter situações significativas, pois engloba contextos culturais que fazem parte da vida dos estudantes (FREIRE, 2011). A transformação está no diálogo entre o conhecimento dos educandos e o dos educadores. Esse processo envolve a apreensão pelo educador do significado que o sujeito atribui às situações, bem como a apreensão pelo estudante por meio da problematização e dos pronunciamentos do educando frente à cultura daquele.

A abordagem temática ajuda na seleção dos conteúdos relevantes ao processo educativo. O tema é o ponto de partida para a conceituação e não os conceitos muitas vezes impostos de um modo que omite a tecnologia e os conhecimentos contemporâneos, submetidos, tais conceitos, a uma suposta evolução contínua e acumulada do saber científico. Essa abordagem – a temática – proporciona maior interação entre os estudantes e o professor em torno do fenômeno que se deseja conhecer.

Abordar temas sociais para intermediar o aprendizado é uma forma de favorecer as atividades significativas para o professor e para o estudante. Com o objetivo de investigar as zonas de sentido dos estudantes, foi elaborada uma sequência didática.

### ***3.2.1 A sequência didática***

São muitos os recursos que podem ser utilizados para as práticas pedagógicas, para mediação do ensino aprendizagem. Recurso didático é todo material utilizado para auxiliar no ensino e na aprendizagem do conteúdo proposto, a fim de ser, tal material, aplicado pelo professor a seus estudantes. Existe uma infinidade de recursos que podem ser utilizados nesse processo. Como exemplos temos quadro de giz, quadro branco, data show, espaços alternativos de aprendizagem<sup>3</sup>, jogos e assim por diante (SOUZA, 2007). Neste trabalho, optou-se pelo uso da experimentação por meio de uma sequência didática<sup>4</sup>.

De acordo com Zabala (2010), a sequência didática é um conjunto ordenado de atividades que são estruturadas e articuladas para atender um objetivo educacional, que tem um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores quanto pelos estudantes. Nesse sentido, apresentar situações cotidianas, permitir o diálogo entre professor e estudante, buscar informações em diversas fontes, debater pontos de vistas diferentes, elaborar conclusões e generalizar o aprendizado são algumas fases que compõem a sequência didática.

---

<sup>3</sup> Lugares diferentes da escola, onde é possível desenvolver atividades educativas.

<sup>4</sup> A sequência didática elaborada será detalhada, em termos de etapas e atividades, no capítulo 5.

#### **4 DIMENSÃO CONCEITUAL DA PESQUISA: APORTE TEÓRICO PARA O ESTUDO E COMPREENSÃO DAS ZONAS DE SENTIDO**

A pesquisa propõe o estudo para a compreensão das zonas de sentido dos sujeitos envolvidos no trabalho, por meio do ensino de conceitos de eletroquímica, a partir de eletroforese, cerâmicas e interações CTS. A articulação de um tema com os conceitos científicos proporciona possibilidades diferentes de aprendizagem, permite que haja melhor envolvimento com os fenômenos naturais, os processos tecnológicos e os temas sociais e prepara os estudantes para o uso do pensamento científico nas tomadas de decisões.

Tem-se o desafio de colocar o saber científico ao alcance de um público escolar representado por segmentos diversos sociais, com crenças, expectativas, valores e contextualização sócio-familiar diferentes (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

Nesse contexto, este trabalho buscou um tema contemporâneo, que faz parte da realidade dos estudantes, dando visibilidade para a parte que fica oculta no ensino médio, que são as cerâmicas avançadas por meio da técnica de eletroforese.

Neste capítulo, ressaltaremos a dimensão teórica da pesquisa com ponto de partida em uma revisão bibliográfica que envolveu, evidenciando suas particularidades, os temas: cerâmicas, CTS, eletroforese e eletroquímica. A finalidade dessa revisão foi levantar informações relevantes para produzir o instrumento pedagógico, utilizado como referencial para a coleta de dados.

A revisão bibliográfica foi realizada em três revistas de química, no ENEQ (Encontro Nacional de Ensino de Química) e no banco de teses & dissertações da Capes (<http://bancodeteses.capes.gov.br/banco-teses/#/>). A escolha desses locais de busca deve-se ao fato de sua representatividade no ensino de Química, sendo muito utilizados como referencial por estudantes de graduação e professores do ensino médio e superior. A Revista Química Nova na Escola, por exemplo, propõe “[...] subsidiar o trabalho, a formação e a atualização da comunidade do Ensino de Química brasileiro”, conforme informado em sua página on-line.

A pesquisa utilizou como descritores: “cerâmicas”, “eletroforese”, “CTS”, “nióbio” e “eletroquímica”, todos pertinentes ao contexto desse trabalho. Após a identificação dessas palavras-chaves no título de diferentes trabalhos, procurou-se identificar, no resumo de cada um, qual o objetivo central da proposta e se realmente o

foco era a abordagem do conteúdo experimental de eletroquímica a partir das cerâmicas e as interações CTS.

No ENEQ, selecionamos para leitura apenas os trabalhos relacionados à linha CTS. E no site da CAPES foram utilizados os filtros: Grande área conhecimento: multidisciplinar; área do conhecimento: ensino e ensino de ciências e matemática; área avaliação: ensino; área de concentração: ciência, tecnologia e educação, educação científica, educação científica e tecnológica, educação em ciências, ensino de ciências, ensino de ciências (áreas de concentração: ensino de física, ensino de química e ensino de biologia) e educação em ciências.

A Tabela 1 retrata a visão geral da quantidade total de artigos publicados nas revistas de química, no ENEQ e no site da CAPES nos últimos 4 anos, período entre 2015 a setembro de 2019.

Tabela 1: Quantidade Total de resumos, artigos, teses ou dissertações.

	2015	2016	2017	2018	2019 <sup>5</sup>	TOTAL
Revista Debates em Ensino de Química	7	37	32	49	12	137
Revista Química Nova na Escola	65	49	41	34	31	220
Revista Brasileira de Ensino de Química	21	24	22	18	Sem edição	85
ENEQ <sup>6</sup>	-	105	-	32	-	137
CAPES		(CTS)		(CTS)		
				Teses: 131		
				Dissertações: 456		

Fonte: a autora, 2019.

A tabela 2 retrata a quantidade de trabalhos que foram selecionados nas revistas, no ENEQ e na CAPES para posterior discussão, aqueles tinham no título, nas palavras-chave ou no resumo os descritores selecionados para essa pesquisa.

<sup>5</sup> Até o mês de setembro.

<sup>6</sup> O ENEQ é realizado de dois em dois anos.

Tabela 2: Trabalhos selecionados para análise.

	2015	2016	2017	2018	2019	TOTAL
Revista Debates em Ensino de Química	0	2	0	2	1	5
Revista Química Nova na Escola	2	4	3	4	1	14
Revista Brasileira de Ensino de Química	0	2	1	0	Sem edição	3
ENEQ	-	3	-	0	-	3
CAPES	7	6	5	10	-	28

Fonte: a autora, 2019.

No período de janeiro de 2015 a setembro de 2019 foram encontrados no total 1.166, entre resumos, artigos, teses e dissertações. Dentre esses trabalhos foram identificadas com os descritores “cerâmicas”, “eletroforese”, “CTS”, “nióbio” e “eletroquímica”, cinquenta e três (53) produções acadêmicas no período pesquisado. Essas produções estão distribuídas em vinte dois (22) artigos publicados nas revistas selecionadas, três (3) trabalhos publicados no ENEQ e vinte e oito (28) na CAPES (Tabela 2). É possível perceber um número muito baixo de publicações que relacionavam o conteúdo de eletroquímica, cerâmicas e as interações CTS. O nióbio não foi citado em qualquer deles.

Nos subcapítulos a seguir, apresentamos uma visão geral do tema abordado e uma síntese de algumas pesquisas analisadas, com o intuito de descrever como foi realizado o enfoque do conteúdo e em que consistiu o objetivo apresentado pelos autores dos trabalhos.

#### **4.1 Interações CTS**

Iniciamos o estudo visando entender como as interações CTS de forma geral estão relacionadas ao aprendizado e também como elas foram realizadas nos trabalhos pesquisados.

A ausência da relação entre a ciência e a tecnologia que está presente no cotidiano das pessoas é inadmissível. Ademais, os efeitos da ciência e da tecnologia sobre a natureza levam à necessidade de incluir no currículo escolar uma compreensão melhor dos benefícios e dos malefícios dessa relação. As ciências intervêm na natureza gerando novas tecnologias. Isso nos remete ao aspecto da destruição e à criticidade sobre soluções para questões ambientais.

É fundamental que a dimensão do processo de produção do conhecimento científico se faça presente na educação escolar. Uma das funções do ensino de ciências nas escolas é fazer que o estudante se aproprie da estrutura do conhecimento científico e do seu potencial explicativo e transformador, garantindo uma visão total do processo. Pretende-se que a abordagem científica dos fenômenos seja incorporada como cultura, sendo pouco prudente analisar o conhecimento desvinculado das tecnologias.

A abordagem CTS é interessante por subsidiar questionamentos de construções históricas em relação à atividade científica e tecnológica, dentre elas: a visão salvacionista, que tem como crença que a Ciência e a Tecnologia são soluções dos problemas da humanidade; a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, que defende serem os especialistas responsáveis exclusivos por tomar decisões sobre assuntos que envolvam conhecimentos científicos; o determinismo tecnológico, o qual compreende que a transformação social está na mudança tecnológica e esta é autônoma, e que a participação da sociedade em nada alteraria o processo (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Essas construções históricas estão alicerçadas na suposta neutralidade da ciência e da tecnologia, ideia que não leva em consideração a influência dos sujeitos no processo, reforçando, assim, postulações tecnocráticas<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Uma forma de poder, que antes era visto como aplicação do modelo científico para resolver problemas, hoje ganha uma abordagem mais política. Modelo racional: quem tem conhecimento toma as decisões, isso gera desigualdade social, pela perda do direito democrático de participação (FERRREIRA, 2013).

É importante reconhecer que os trabalhos fundamentados em abordagem CTS articulam-se com diferentes bases teóricas, em um campo multidisciplinar de pesquisa com objetivo de levantar reflexões críticas sobre o assunto estudado.

Na abordagem CTS defende-se uma participação fundamentada em processos decisórios, mas, se os critérios que pautam a tomada de decisão forem baseados apenas no aumento do conhecimento científico e tecnológico, tal participação continuará sendo um modelo tecnocrático. Esse conhecimento especializado serve apenas para o interesse e o lucro das empresas privadas e em tal conhecimento os fatos científicos estão separados do juízo de valores. Nessa perspectiva, temos de tomar cuidado com o reducionismo no CTS, que apresenta foco nos impactos pós-produção, em vez de em uma prevenção anterior.

A participação dos sujeitos na tomada de decisão é imprescindível, pois os conhecimentos específicos dos especialistas não garantem decisões adequadas, por se exigir um enfoque que contemple os problemas em uma perspectiva mais ampla, humana, ética e coletiva, com análise de repercussões a médio e longo prazo.

No Brasil, a abordagem CTS encontra dificuldades nos currículos escolares que têm permanecido intocáveis por décadas. Historicamente se tem enfrentado problemas educacionais apenas com inovações metodológicas. Se não forem feitas mudanças teórico-metodológicas, não iremos superar as concepções tecnocráticas. O currículo deve potencializar a compreensão, a participação em debates, a democracia, a tomada de decisão. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

Destarte, devemos estruturar o currículo em torno de temas, marcado por intencionalidades sem neutralidade, explorando os conteúdos disciplinares, sem reduzir a educação em ciências a um viés instrumental, com problematizações, níveis de abstração de pensamento, novas práticas, valores democráticos e sustentáveis (AULER, 2011). Por isso é tão importante a abordagem CTS, com os possíveis impactos ambientais decorrentes do conhecimento científico.

Ter acesso à educação científica é fundamental para o desenvolvimento humano, para uma sociedade crítica, reflexiva e que se atente às situações que perpassam nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Os riscos das aplicações técnico-científicas também devem ser trabalhados, para uma orientação rumo à prosperidade da humanidade.

A abordagem CTS deve ser intencional e não casuística; com base em conteúdo. Para atender esses objetivos deve-se basear em problemáticas sociais técnico-científicas

que tenham elevado impacto social. Sendo assim, a educação em ciência com orientação CTS, em uma perspectiva construtivista, deve preparar os sujeitos para um papel mais dinâmico e ativo na sociedade em que estão inseridos.

Tomar como ponto de partida a sociedade, o contexto social, para após desenvolver os conceitos, a ciência e suas aplicações, é o que motiva o aprendizado pelos estudantes. A intenção da contextualização é importante, mas deve tomar-se cuidado para não fazer simples narrativas históricas, e sim situações problemáticas e contextualizadas, que façam emergir problemas cuja resolução conduza à aprendizagem de conceitos e desperte a curiosidade dos estudantes (FREIRE, 2011).

De acordo com Santos e Auler (2019), a educação em CTS, que tem como finalidade discutir os impactos decorrentes da aplicação do conhecimento científico, deve levar os sujeitos a refletir sobre as implicações sociais, econômicas, políticas e ambientais; ter competência para avaliar suas escolhas; analisar melhor informações divulgadas pela mídia.

Assim, entendemos que o conhecimento implica compreender os fenômenos de forma dinâmica, crítica e complexa, o que leva à participação qualificada da sociedade em questões que envolvam Ciência e Tecnologia. Nos trabalhos pesquisados, analisamos como foi feita essa abordagem.

Munchen et al (2015), apresentam a abordagem CTS utilizando o jeans para ensinar conceitos de oxidação e redução. O tema foi desenvolvido com partida na discussão dos impactos sociais, econômicos e ambientais que o jeans produz na sociedade. O uso de diversos compostos químicos no processo de desbotamento do jeans tem relação direta com os impactos ambientais, como, por exemplo, a poluição de rios. O experimento de desbotamento do jeans para o estudo das reações de oxidação foi realizado utilizando retalhos que foram embebidos em uma solução de permanganato de potássio com ácido oxálico ou peróxido de hidrogênio. Nessa reação, ocorre a redução do manganês, que passa do estado de oxidação +7 para +2, em decorrência da força do permanganato como agente oxidante, provocando a oxidação do índigo.

Na mesma linha de abordagem CTS, Diniz e Silva (2016), fizeram uma análise de aprendizagem com estudantes do ensino médio, em uma escola pública no interior de Pernambuco, com foco em CTS relacionada às funções orgânicas e aos radicais livres. Eles relatam que a abordagem CTS para a aprendizagem dos conceitos de química orgânica foi importante para a conscientização dos estudantes. As problemáticas para trabalhar os conceitos de funções orgânicas cis-trans, hidrocarbonetos, funções

oxigenadas e nitrogenadas e os radicais livres envolveram questionamentos sobre: problemas sociais acarretados pelo consumo inapropriado de gorduras *trans*, coleta seletiva e produção de cosméticos e produtos farmacêuticos para conter a ação de radicais livres. Sendo assim, contribuiu de forma legitimadora para formação cidadã dos estudantes.

A necessidade da formação de cidadãos que enriqueçam seus conhecimentos sobre as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia é premente. Os trabalhos pesquisados fomentam a viabilidade de abordar os conceitos químicos e a experimentação por meio das interações CTS. Assim como Andrade, Branco e Gonçalves (2016), que fizeram uma proposta experimental para o tratamento de água usando um coagulante biodegradável, em substituição aos coagulantes de alumínio.

A abordagem CTS também foi realizada em uma turma do 1º ano do ensino médio para estudar ácidos, com base no preparo de alimentos regionais da Amazônia, utilizando os conhecimentos e saberes regionais em complemento ao conhecimento da base nacional. Os resultados mostraram uma necessidade de aproximar os conteúdos químicos da vida do estudante, e a abordagem CTS apresenta-se como uma alternativa para auxiliar nesse processo (RODRIGUES et al., 2018).

Alguns estudos relataram a importância da alfabetização científica de forma geral e como as propostas CTS eram abordadas nas décadas passadas. Bonfim (2015), relata a visão de estudantes do ensino fundamental sobre ciência e tecnologia, em um estudo de caso, estabelecendo relações entre os objetivos da alfabetização científica e tecnológica. A pesquisa aponta que a escola é a principal comunidade discursiva sobre ciência, seguida de internet, televisão e família/casa. Já sobre tecnologia, a família é a principal comunicadora, seguida da Escola e Televisão.

Com o objetivo de analisar a relação CTS na América Latina nas décadas de 60 e 70, Silva (2015), pôde perceber a riqueza de proposições de estudos que existiam focados em questões de subdesenvolvimento, bem como setores econômicos e políticos, por exemplo. Ela considera que resgatar obras relacionadas ao CTS latino-americano seja benéfico para os estudos envolvendo política.

De acordo com os trabalhos pesquisados, percebemos que as interações CTS são importantes para formar cidadãos críticos, além de facilitar o aprendizado dos conteúdos, com uma aproximação da química na vida dos estudantes.

## ***4.2 Ensino de química a partir das cerâmicas avançadas e a técnica de eletroforese***

Apoiado nas pesquisas realizadas e perfazendo um panorama das cerâmicas avançadas para o ensino de química, um estudo mais apurado foi realizado para relacionar o tema de cerâmicas aos possíveis conceitos químicos e impactos sociais que podem ser estudados.

### ***4.2.1. Cerâmicas***

A Cerâmica é um material que apresenta normalmente, na sua composição, elementos químicos metálicos e não metálicos, sendo frequentemente encontradas cerâmicas na forma de óxidos, nitretos e carbonetos. Óxido de alumínio (ou alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dióxido de silício (ou sílica,  $\text{SiO}_2$ ) carboneto de silício ( $\text{SiC}$ ), nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) são alguns exemplos de cerâmicas. Também existem as chamadas cerâmicas tradicionais – aquelas compostas de minerais de argila (isto é, porcelana), bem como cimento e vidro. Os materiais cerâmicos são relativamente rígidos e fortes - rigidez e resistência são comparáveis às dos metais. Por outro lado, são extremamente frágeis (baixa ductilidade) e altamente suscetíveis a fraturas.

As cerâmicas avançadas são tipos especiais de materiais cerâmicos utilizados principalmente para aplicações elétricas, eletrônicas, ópticas e magnéticas. Esse setor é diferente da cerâmica tradicional e isso se deve ao fato de que a preparação do pó cerâmico é muito importante. Técnicas de produção avançadas são empregadas para garantir que os pós de cerâmica produzidos possuam pureza suficiente. Nas indústrias eletrônica e elétrica, materiais cerâmicos avançados como titânio e bário ( $\text{BaTiO}_3$ ), materiais piezoelétricos e materiais semicondutores são muito utilizados para a produção de capacitores cerâmicos, sensores de temperatura, osciladores etc. As cerâmicas utilizadas para este tipo de aplicações são chamadas cerâmicas funcionais. As propriedades específicas dos materiais cerâmicos avançados são utilizadas para suas aplicações industriais (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

No período analisado (2015 a setembro de 2019), nenhuma referência foi encontrada que tivesse como foco um trabalho experimental que envolvesse a produção de uma cerâmica avançada no ensino médio. Além disso, nenhum trabalho se propôs a utilizar tal material em relação a alguma das suas propriedades.

Entretanto, Toqueto, em 2017, propõe um material didático alternativo para os docentes dos ensinos médio e tecnológico, ao promover o estudo da tecnologia *float* atrelado à conceituação científica e aos fatores socioambientais e socioeconômicos para a produção do vidro plano, que é uma cerâmica tradicional, mas com aplicações tecnológicas. Além disso, demonstra que diversos conceitos químicos, como: óxidos com características básicas, sais inorgânicos, transformações químicas (reações de combustão, decomposição de carbonatos e formação de silicatos), reações endotérmicas (reações de decomposição/calores molares de formação), reações exotérmicas (calores molares de combustão) e propriedades físicas do estanho, podem ser ensinados em sala de aula, com base no tema “vidro plano”, rompendo a "visão linear e alienante da Química, pois essas atividades são interativas e envolvem discussões teóricas relativas a situações reais enfrentadas pela sociedade, no caso os estudantes".

Além deste trabalho, Santos (2016), apresenta a química no cotidiano, pela abordagem sobre os materiais, inicialmente de forma questionadora e reflexiva, correlacionando suas propriedades físicas e químicas e aplicações à presença de poros. Alguns experimentos simples com materiais porosos foram apresentados ao longo do trabalho, assim como alguns exemplos. Deu-se maior ênfase ao carvão ativado, aos catalisadores automotivos e aos biomateriais. Diversas aplicações de cada um deles foram também apresentadas, o que evidencia a grande aplicabilidade dos materiais porosos e justifica o crescente interesse da sociedade por eles.

O tema "Materiais" é importante para a educação científica e tecnológica, pois eles são essenciais para o bem-estar humano, porém a maioria dos cursos de graduação em química e nas disciplinas de química do nível médio não abordam este assunto; ficam muitas vezes dispersos em algumas disciplinas sem ênfase à sua importância (TORQUETO, 2017).

#### ***4.2.1.1 As cerâmicas avançadas***

As cerâmicas avançadas são materiais importantes e estabelecem um nicho proeminente nas tecnologias avançadas. Aquelas são utilizadas, por exemplo, em sistemas microeletromecânicos (MEMS) e nos nanocarbonos (fulerenos, nanotubos de carbono e grafeno).

Os MEMS são sistemas inteligentes em miniatura que podem atuar como microsensores ou microatuadores. Os microsensores coletam informações do ambiente pela medição de fenômenos mecânicos, térmicos, químicos, ópticos ou magnéticos; os microatuadores executam uma resposta que pode ser movimentação, bombeamento, regulação ou filtragem. Essa tecnologia tão promissora está inserida no nosso cotidiano, como, por exemplo, nos carros equipados com air bags, onde o MEMS funciona como acelerômetro, e envia um impulso elétrico para um microprocessador, que capta a desaceleração antes do acidente e ativa o air bag (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

Os nanocarbonos possuem esse nome por apresentarem partículas menores que 100 nanômetros. São utilizados para diversos fins. Os furelenos são encontrados como antioxidantes em produtos de beleza, catalisadores, células solares orgânicas, supercondutores para altas temperaturas, ímãs moleculares. Os nanotubos de carbono podem ser encontrados em biomateriais (pele artificial), tratamento de água, capacitores, células solares, monitores de computador, tela de televisão etc. Os grafenos podem ser encontrados em telas sensíveis ao toque (touch-screen), sensores químicos, explosivos, músculos artificiais etc.

Essas relações que envolvem transferência de elétrons para a transformação de energia química em energia elétrica e vice-versa são reações de oxirredução compreendem o estudo da eletroquímica.

O estudo da condutividade elétrica, térmica, mecânica e ótica é importante porque influencia na conformação dos materiais cerâmicos e nas suas propriedades, pois, por muito tempo, os materiais cerâmicos ficaram limitados em razão de sua natureza frágil. Nesse sentido, a engenharia de materiais tem avançado no caminho para melhorar a resistência à fratura, para uso, por exemplo, em utensílios de cozinha e peças de automóveis.

A fabricação e processamento dos materiais cerâmicos apresentam certa preocupação, pois muitas operações de conformação de metais dependem de fundição.

Ademais, os materiais cerâmicos apresentam altas temperaturas de fusão, tornando sua fundição impraticável. Algumas peças cerâmicas são conformadas a partir dos pós que devem posteriormente ser secos e queimados.

Existem várias técnicas de conformação, as quais devem ser escolhidas de acordo com a peça a ser produzida. Os vidros são conformados em temperaturas altíssimas, o que faz que a massa fluida se torne viscosa com o resfriamento. Por sua vez, o cimento é conformado pela colocação de uma pasta fluída em moldes, onde endurece em virtude de reações químicas.

A Figura 1 apresenta um diagrama de classificação de alguns processos de conformação de cerâmicas.

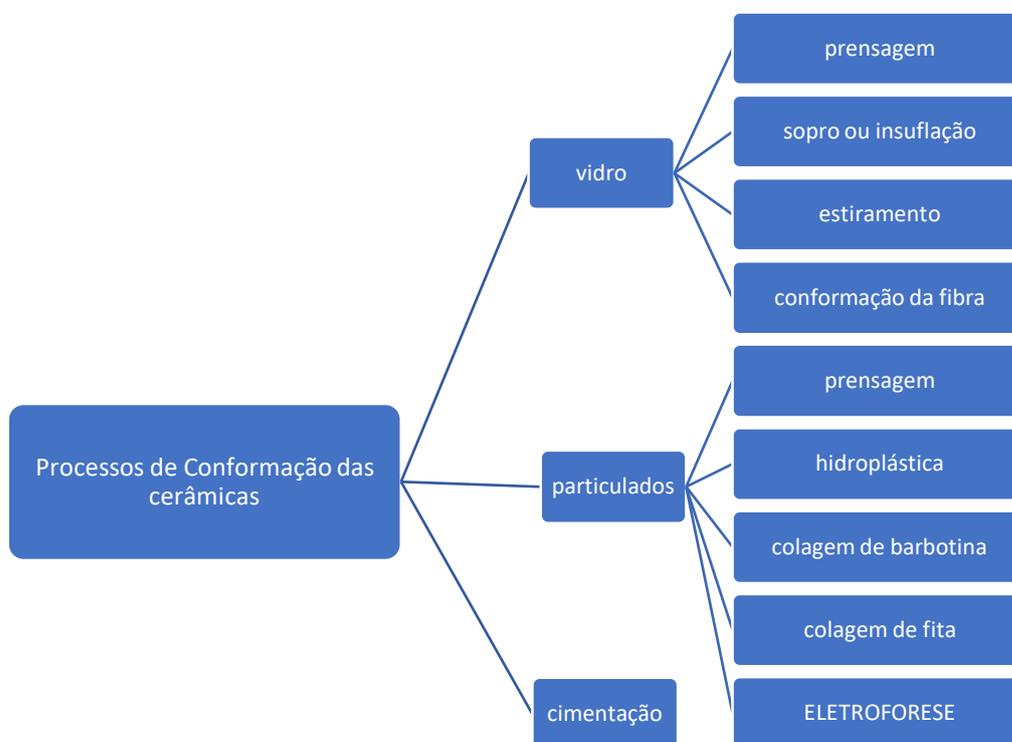


Figura 1. Diagrama de classificação de alguns processos de conformação de cerâmicas.  
Fonte: Adaptado de Callister e Rethwisch (2016).

O processo de conformação das cerâmicas, o ensino e o aprendizado são interações complexas. Faz-se necessário adotar caminhos ou até mesmo estratégias para que o estudante possa aprender.

O uso das cerâmicas para o ensino e a aprendizagem pode facilitar o processo didático porque é um conceito que está nos registros psicológicos dos indivíduos. Desde épocas remotas a cerâmica é utilizada.

Formar conceitos científicos mediados com aquilo que o indivíduo conhece facilita o aprendizado e o desenvolvimento das funções psicológicas superiores enquanto elas estão em amadurecimento. Problemas mais difíceis, com cooperação de algum colega, possibilitam a formação de conceitos mais avançados e oportunizam atingir níveis mais elevados do que o apropriado para a idade escolar. Cada estudante possui uma zona proximal diferente, sendo possível entender a complexidade do processo, e a importância da interação entre os colegas para o aprendizado (VYGOTSKY, 2005). Segundo o autor, é preciso que o conceito espontâneo alcance um certo nível para que possa ocorrer o aprendizado de um conceito científico correlato.

#### ***4.2.2 Eletroquímica e eletroforese***

A conformação das cerâmicas por eletroforese acontece por meio de processos eletroquímicos.

A eletroquímica é o ramo da química que trabalha com o uso de reações químicas espontâneas para produzir eletricidade e com o uso da eletricidade para forçar as reações químicas não espontâneas acontecerem. Técnicas eletroquímicas são procedimentos que permitem usarmos equipamentos eletrônicos para monitorar as concentrações dos íons em solução. Podem ser usadas para monitorar a composição e o pH de soluções, por exemplo. A eletroquímica também nos permite monitorar a atividade do cérebro e coração (talvez enquanto estamos tentando aprender a química), o pH do sangue e a presença de poluentes no manancial de águas (ATKINS; JONES, 2012).

No Ensino Médio, o aprendizado da eletroquímica tem encontrado barreiras, pois é tido como um tema de difícil entendimento e compreensão pelos estudantes, principalmente em relação aos conceitos específicos (SANJUAN et al., 2009).

Com a dificuldade que alguns estudantes possuem em relação ao aprendizado da eletroquímica, muitos professores evitam abordar tal conteúdo, o que gera uma defasagem que muitas vezes os acompanha até a graduação.

Os conceitos de campo elétrico, diferença de potencial e corrente elétrica são exemplos de conteúdos que os estudantes de ensino médio possuem dificuldades em compreender. As concepções alternativas, de senso comum, são as responsáveis por tais dificuldades, em relação à origem da eletricidade e ao comportamento dos elétrons, ambos os conceitos relacionados à estrutura da matéria. De fato, os adolescentes criam

suas próprias ideias, concepções ou representações, não apenas para objetivos concretos, como também para fenômenos com origem submicroscópica e sem acesso visual direto, como as várias aplicações elétricas e o funcionamento de dispositivos. Assim, constroem conceitos alternativos para os conhecimentos científicos, a exemplo da eletricidade e da corrente elétrica, com as respectivas propriedades (CARMEL; PACCA, 2011).

Além dos conceitos, a eletroquímica apresenta uma linguagem altamente simbólica. Sendo assim, é essencial que o professor reconheça que a linguagem é a essência do ensino aprendizagem e a maneira como é abordada pode afastar ou aproximar o estudante.

A compreensão do conteúdo de eletroquímica, além dos conceitos e da linguagem, também envolve de forma satisfatória conhecimentos prévios em transferência eletrônica, íons, conversão de energia e reações químicas. As reações de oxirredução, por exemplo, são fundamentais para que o estudante se aproprie da linguagem e da representação química, para poder compreender e identificar as espécies que oxidam ou reduzem (MEDEIROS, 2018).

Destarte, é interessante que o professor procure identificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação ao conteúdo, para poder aproximar a linguagem científica do cotidiano escolar. A contextualização é um recurso importante para haver essa aproximação, além de ser significativa, pois o estudante aprende os conteúdos científicos a partir de uma realidade concreta.

A contextualização de eletroquímica foi investigada por Silva e Silva (2016), com a análise de textos complementares, exercícios e atividades experimentais de cinco livros didáticos do ensino médio. Verificou-se nos exercícios a predominância da aplicação dos conceitos sem a preocupação com problemas de natureza sociocientífica. Igualmente, notou-se que as atividades experimentais se restringem a abordar a temática em uma busca simplista de aproximar o tema com o cotidiano do estudante.

Com a finalidade de analisar as concepções sobre os processos eletroquímicos, Barreto, Batista e Cruz (2017) desenvolveram duas experimentações: uma de deposição química de prata em um bastão de cobre; e outra, de eletrodeposição de prata em um substrato de cobre no formato de anel com estudantes do 3º ano do Ensino Médio de Sergipe, em relação aos processos eletroquímicos. A experimentação propunha analisar se os estudantes compreendiam os dois tipos de reação química: espontâneas e não espontâneas.

O objetivo dos experimentos realizados foi alcançado. Os estudantes conseguiram diferenciar uma célula eletrolítica de uma célula galvânica. A dinâmica da aula experimental implica uma reorganização interna, do docente e dos estudantes, viabilizando ao estudante a evolução da aprendizagem de conceitos científicos por meio da utilização dos desenhos. As lacunas constatadas durante o processo devem ser trabalhadas, para se entender como acontece, por exemplo, a transformação de um cátion em um sólido que adere à superfície do metal a ser revestido. Outra questão importante, para se discutir em sala de aula, são os impactos gerados no meio ambiente pelos resíduos da eletrodeposição (BARRETO; BATISTA; CRUZ, 2017).

Diante do exposto, entende-se necessária a proposição de atividades que possam colaborar no enfrentamento desses problemas.

#### ***4.2.2.1 Técnica de eletroforese***

A eletroforese, que utiliza processos eletroquímicos, é um método de separação baseado nas velocidades de migração diferenciais de espécies carregadas em um campo elétrico. Essa técnica de separação para as amostras de tamanho macro foi desenvolvida inicialmente por Arne Tiselius, um químico sueco, nos anos 1930, para o estudo de proteínas do soro sanguíneo – Tiselius ganhou o Prêmio Nobel por esse trabalho. A eletroforese em escala macro é aplicada a uma variedade de problemas que envolvem separações analíticas difíceis: ânions e cátions inorgânicos, aminoácidos, catecolaminas, drogas, vitaminas, carboidratos, peptídeos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, polinucleotídeos e inúmeras outras espécies (SKOOG et al., 2014).

Inovações na área de materiais cerâmicos têm sido realizadas com o intuito de aperfeiçoar e desenvolver processos e técnicas de fabricação, bem como descobrir novos materiais. A deposição por eletroforese (EPD) é uma das técnicas utilizadas para conformação desses materiais cerâmicos. A EPD permite a produção de peças baratas com estruturas complexas ou planas, de acordo com o formato do eletrodo de depósito do material. A técnica envolve a presença de dois eletrodos conectados aos polos de uma bateria ou outra fonte de energia, para que aconteça a passagem de corrente elétrica por uma dispersão coloidal do pó cerâmico. O solvente pode ser tanto polar quanto apolar. Do ponto de vista experimental, a técnica de conformação de cerâmicas por eletroforese pode ser dividida em dois processos: no primeiro, as partículas de cerâmica dispersas no líquido (polar ou apolar) movimentam-se para o eletrodo de carga oposta

quando se aplica o campo elétrico. No segundo processo, as partículas se aproximam o suficiente do eletrodo para coagularem e permanecerem depositadas formando um compacto ou um filme denso e homogêneo (HEISE; RIVERA; BOCCACCINI, 2019).

O uso de etanol como dispersante faz que seja necessária a passagem de uma corrente elétrica maior pelo sistema para acontecer a deposição. Além disso, necessita de substâncias (que podem ser prejudiciais ao meio ambiente, como poliacrilatos) para dispersar o óxido, a fim de ele não flocular nem decantar rapidamente no recipiente. Uma alternativa seria usar solventes polares, no caso a água, que, além de requerer corrente elétrica menor, não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente; porém, em voltagens baixas (2 V), teremos a **eletrólise** da água (SAKAMOTO; GOUVÊA, 2001).

A ciência nos proporciona benfeitorias, mas devemos refletir sobre todos os impactos negativos ambientais que estarão envolvidos no processo e no uso indevido de algumas substâncias. Na situação da eletroforese da cerâmica, é interessante usar a água. Essa visão do processo total, com cuidado empregado desde a extração do óxido, e não só com produto da peça cerâmica, é contemplada pela abordagem CTS.

Na deposição por eletroforese, em uma abordagem no nível microscópico, vários fenômenos estão envolvidos, entre eles: co-íons, potencial zeta, ponto isoeletrônico, interações Van Der Waals e várias outras variantes que podem interferir no meio da dispersão e até modificá-lo. A influência dessas variáveis pode ser notada pela experimentação, em que podemos observar o movimento das partículas e o seu depósito no eletrodo.

Um dos problemas é manter as partículas de óxido dispersas, já que elas possuem a tendência natural (por causa do movimento browniano<sup>8</sup> e das forças de Van Der Waals<sup>9</sup>) de se reduzirem em número, em função do tempo das colisões entre as moléculas. A redução no número de partículas é denominada de floculação.

Isso só nos faz refletir que os processos não acontecem separadamente. Consideramos que vivemos em uma complexidade e não em uma segregação. O meio reacional de estudo é influenciado por todas as partículas presentes. Pensar que o óxido

---

<sup>8</sup> **Premissas conceituais:** as partículas na dispersão mudam continuamente de direção em decorrência das colisões com outras moléculas e com as paredes do recipiente, bem como seguem uma complicada trajetória irregular em ziguezague (SHAW, 1975, p. 14).

<sup>9</sup> **Premissas conceituais:** existem três forças atrativas entre moléculas neutras: dipolo-dipolo, dispersão de London e ligação de hidrogênio, que são conhecidas como forças de Van der Waals. São as mesmas forças responsáveis pelas ligações químicas.

em suspensão vai apenas migrar para o eletrodo de depósito sem nenhuma interação com a água e seus minerais dissolvidos seria muito simplista.

A deposição por eletroforese (EPD) utilizada para conformação desses materiais cerâmicos, envolve a presença de dois eletrodos conectados aos polos de uma bateria ou outra fonte de energia, para a passagem de corrente elétrica por uma suspensão coloidal do pó cerâmico. Do ponto de vista experimental, devem-se planejar dois processos: no primeiro, as partículas de cerâmica dispersas no líquido (polar ou apolar) movimentam-se para o eletrodo quando se aplica o campo elétrico. No segundo passo, as partículas irão coagular e permanecer depositadas. Neste contexto, trazemos quatro fenômenos importantes:

1. O fenômeno reacional devido às partículas dispersas no líquido, caracterizando a coexistência das partículas e as reações que ocorrem, diferenciando os materiais envolvidos e a simultaneidade das reações;
2. O fluxo de partículas, a direção do fluxo de elétrons no circuito externo e do fluxo de íons no circuito interno, em função do movimento das partículas para os eletrodos;
3. A aplicação do campo elétrico e a condição adequada para forçar a formação de uma reação não espontânea;
4. A eletrodeposição decorrente da deposição eletrolítica sobre a grafite.

Temas que se encontram em outras pesquisas mostram uma característica particular marcante da eletroforese, sua habilidade única de separar moléculas carregadas de interesse dos bioquímicos, biólogos e químicos. Por muitos anos, a eletroforese tem sido o método mais empregado para a separação de proteínas (enzimas, hormônios, anticorpos) e ácidos nucleicos (DNA, RNA), para os quais oferece uma resolução que não encontra paralelo (SKOOG et al., 2014).

Pinhati (2015), a partir de reagentes e materiais alternativos de fácil aquisição, desenvolveu um protocolo para montagem e execução em sala de aula de um sistema eletroforético. Os materiais alternativos utilizados substituíram os principais componentes empregados no laboratório de biologia molecular. Entretanto, mesmo que a posição precisa do DNA não seja confirmada com essa prática, o professor pode utilizar esse experimento para abordar uma série de conteúdos importantes, contemplando a biologia, a química e a física. Isso nos faz refletir que a ciência não é algo pronto e acabado: cada sujeito terá uma experiência única de acordo com o

contexto em que está inserido e, com base nesses resultados, o professor trabalha os conteúdos.

Nos materiais analisados, não encontramos qualquer trabalho que utilizasse a conformação de algum pó cerâmico pela técnica de eletroforese. Nos trabalhos encontramos a eletroforese ligada à biologia molecular, para análise de DNA das células.

#### **4.2.3 Pentóxido de Nióbio<sup>10</sup> - pó cerâmico**

As técnicas de conformação de pós cerâmicos são muito utilizadas. Neste trabalho, tem-se o interesse pela técnica de eletroforese para conformar o nióbio.

O pentóxido de Nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) é um pó cerâmico de grande interesse para a produção de materiais avançados. Suas propriedades químicas e físicas fazem que seja utilizado na produção de capacitores cerâmicos, lentes ópticas, elementos estruturais resistentes ao calor e à abrasão, sensor de gases, elemento semiconductor em células solares sensibilizadas por corantes, filtros especiais para receptores de TV, componentes eletrônicos e, sobretudo, como fotocatalisador. Essa última propriedade permite a sua utilização em diferentes finalidades, como a fotodegradação de poluentes e microrganismos presentes em sistemas de água ou ar, além da produção de hidrogênio molecular, entre outras (OLIVEIRA et al., 2014). Nossa pesquisa bibliográfica não encontrou trabalho algum que se referisse ao uso do nióbio.

Levantamento feito pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), extinto no fim de 2018 para dar lugar à Agência Nacional de Mineração (ANM), indica que as reservas brasileiras de nióbio somam 842,4 milhões de toneladas, representando mais de 90% do total mundial, seguido, o Brasil, pelo Canadá e pela Austrália. Estas reservas estão concentradas principalmente nos estados de Minas Gerais (75%), no município de Araxá; Amazonas (22%), nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo; e Goiás (3%), nos municípios de Catalão e Ouidor (Sumário Mineral Brasileiro, 2015).

O nióbio é obtido a partir de minérios como a columbita-tantalita, o pirocloro e a loparita. O mais disponível é o pirocloro. Sua extração é realizada por três empresas em todo o mundo, duas delas são brasileiras: Companhia Brasileira de Mineração e

---

<sup>10</sup> Fornecido gentilmente pela mineradora Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), que explora nióbio em Araxá (MG).

Metalurgia – CBMM e Mineração Catalão de Goiás; e a outra é a canadense Cambior (BNDES, 2010).

É um metal refratário e, como todo material com essa característica, possui altas temperaturas de fusão, baixa ductilidade à temperatura ambiente e ligações atômicas fortes. Todas essas propriedades o tornam ideal para diversas aplicações, como, por exemplo, na indústria aeroespacial (turbinas de avião), pois resiste às altas temperaturas a que as peças são submetidas; em aços inoxidáveis de alta resistência, onde apenas 100 g de Ni em 1 tonelada de aço já são suficientes para deixá-lo mais forte e maleável; na indústria nuclear, em mísseis, em marcapassos, em sensores de sondas espaciais e em supercondutores utilizados na fabricação de bobinas para gerar campos magnéticos intensos aplicáveis em trens bala e aparelhos de ressonância magnética nuclear (CERNIAK, 2012). Os foguetes mais avançados do mundo, da empresa americana SpaceX, também têm nióbio na sua composição.

O nióbio é obtido por meio da mineração, que é um dos setores básicos da economia de um país, pois dela provêm os minérios que utilizamos em larga escala nos diversos materiais, como ferro, por exemplo. É uma atividade antiga que movimenta a economia de muitas famílias, por gerar muitos empregos. Sendo assim, podemos pensar na mineração como algo benéfico, mas não podemos esquecer que ela gera grandes impactos negativos no ambiente.

Os principais problemas da mineração no Brasil são: poluição do ar, poluição da água, poluição sonora e a subsidência do terreno (deslocamento da terra para baixo relativamente a um nível de referência, como seja o nível médio do mar). O objetivo de produzir riquezas é também pensar em como o ambiente é desgastado. A evolução da ciência é importante, mas a qualquer custo? Será a ciência capaz de salvar tudo e todos? Precisamos de tudo o que a ciência produz?

O local da atividade mineradora não é escolhido pelas empresas de mineração, pois a mineração, diferentemente de outras atividades industriais, possui rigidez locacional<sup>11</sup> (ARAÚJO, 2016).

Neste sentido, faz-se necessário pensar que temos que fiscalizar e cobrar das autoridades posições ambientais para que não aconteçam acidentes como o rompimento de barragens, como aconteceu com a da Vale (2015) e a da Samarco (2019), ambas em Minas Gerais. Essas duas são consideradas as maiores tragédias ambientais do Brasil,

---

<sup>11</sup> As minas devem ser lavradas onde a natureza as colocou; não existe a possibilidade de mudar de lugar.

com muitas mortes, famílias desaparecidas, devastação de localidades e consequente desagregação dos vínculos sociais das comunidades. Nessa linha, destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas, interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica, mortandade de biota aquática e terrestre, além do assoreamento dos cursos d'água foram apenas alguns dos desastres ocasionados pelo rompimento dessas barragens (IBAMA, 2015).

A pesquisa bibliográfica realizada neste capítulo permitiu uma visão ampla sobre a dimensão teórica de CTS, cerâmicas e eletroforese, evidenciando suas afinidades e particularidades, a fim de construir o material pedagógico utilizado na pesquisa, isto é, a sequência didática.

## **5 PRODUTO: INSTRUMENTO PROBLEMATIZADOR DO APRENDIZADO PARA ALÉM DA SIMPLES ABORDAGEM DE CONCEITOS**

A fim de alcançar o referencial interacionista baseado em Vygotsky e González Rey e com o objetivo de compreender as zonas de sentido dos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos, a partir da experimentação, utilizamos como instrumento didático a sequência didática dividida em três momentos: estudo da realidade, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2012).

### ***5.1 Estudo da realidade***

O estudo da realidade, de acordo com os autores, compreende a fase inicial da sequência didática. Nessa fase, tem-se a apresentação da problemática, o diálogo entre os sujeitos da pesquisa e o professor, bem como a discussão entre diferentes pontos de vista.

O professor apresenta atividades problematizando o tema e, por meio de reflexões individuais ou coletivas, há o surgimento de outras questões pelos estudantes, outros pontos de vista. Isso favorece a elaboração de suposições ou hipóteses sobre os problemas propostos.

Essa problematização inicial, sob a luz da abordagem temática, destina-se a apresentar questões que sejam de conhecimento dos estudantes, próximas de seu contexto e que estão relacionadas ao tema. Essas atividades iniciais possuem a finalidade de desafiar os sujeitos e expor suas ideias a respeito da situação apresentada.

Nesse sentido, os estudantes têm a oportunidade de confrontar seus pensamentos com as interpretações das situações postas como problema em assim, podem sentir a necessidade de adquirir outros conhecimentos, que ainda não possuem, para conseguirem compreender melhor o tema estudado.

## ***5.2 Organização do conhecimento***

Na Organização do Conhecimento, tem-se o momento em que, sob a orientação do professor, são estudados os conhecimentos ligados à sistematização e à abordagem conceitual e científica, necessários para a problematização inicial e para a compreensão do tema.

Assim, essa etapa deve favorecer a ruptura dos conhecimentos fundamentados no senso comum, para que seja superada a visão ingênua de mundo manifestada pelos estudantes e sejam construídos olhares mais críticos para enxergar e interpretar a Ciência, envolvida no fenômeno estudado. De acordo com Zabala (2010), os estudantes organizados em pequenos grupos, direcionados pelo professor, coletam dados, por meio de fontes de informações apropriadas. Tais fontes poderiam ser pesquisas bibliográficas, observações, experiências, entre outros, para que se desencadeie a formação dos conhecimentos científicos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial estudados.

Além do aprendizado conceitual, essa etapa deve favorecer o desenvolvimento de aprendizagens de ações – conteúdos procedimentais – e de práticas atitudinais – conteúdos atitudinais –, todos necessários para a leitura de mundo.

As práticas procedimentais estão relacionadas ao “saber fazer”. Trata-se de uma aprendizagem por ações que inclui métodos, regras, habilidades, estratégias e procedimentos (ZABALA, 2010). Ainda, segundo o autor, a aprendizagem de conteúdos atitudinais supõe conhecimentos mais complexos, com reflexão dos possíveis modelos, em que os estudantes possam vivenciar os problemas de um ângulo bem próximo. No presente trabalho, optamos por desenvolver a experimentação e aprofundar os conceitos químicos envolvidos no fenômeno do experimento em que os conteúdos podem ser trabalhados de forma mais significativa, contextualizada, consciente e democrática.

Nesse momento, temos de considerar que cada sujeito participante da pesquisa possui uma forma única e individual de construir esses conhecimentos, assim como diferentes estilos cognitivos para processar a informação que recebe.

### ***5.3 Aplicação do conhecimento***

Segundo Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2012), a etapa de aplicação do conhecimento objetiva conhecer aquilo que o estudante aprendeu, além de interpretar e analisar as situações iniciais que determinaram seu aprendizado. Pretende-se muito mais do que capacitar os estudantes ao emprego dos conhecimentos científicos: tem-se a intenção de formá-los para que articulem, sempre, os conceitos científicos com situações da realidade.

Nesse momento, o professor retoma as questões problematizadas no início do trabalho, para analisar como os estudantes conseguiram aprender os conhecimentos construídos ao longo dos momentos pedagógicos e perceber se os estudantes consideram questões além das científicas, como as dimensões ambientais, sociais, culturais e políticas entre outras.

Na generalização e na aplicação do conhecimento, nesta pesquisa, tomou-se por referência a retomada das questões problematizadas inicialmente, visto que, dessa forma, é possível constatar se os estudantes conseguiram apreender o que foi construído durante a etapa de organização e se adquiriram a capacidade de argumentar e de participar, de forma crítica, das decisões que envolvem os temas/problemas.

Sendo assim, o diálogo, na forma de uma roda de conversa, foi planejado para romper com as tradicionais atividades de fixação e resolução de problemas fechados, que não estimulam reflexões críticas, pois se restringem, na maioria das vezes, a memorização e reprodução de conceitos, o que impossibilita a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. O encontro dialogado entre os sujeitos participantes da pesquisa, tem a intenção de favorecer novos questionamentos e possibilidades de interpretar as situações vivenciadas no cotidiano.

De forma geral, a sequência didática proposta neste trabalho envolve várias instruções em cada unidade. Para auxiliar o professor e subsidiar o desenvolvimento das aulas com vista aos objetivos de cada momento pedagógico, planos de aula foram propostos para cada momento. O material produzido pode ser utilizado na íntegra ou como atividades separadas. O professor pode trabalhar só com relações CTS, experimentação ou cerâmicas. Esse instrumento de apoio foi utilizado neste trabalho para análise da produção dos sujeitos e da formação de conceitos por esses estudantes.

Neste momento será apresentado o material didático produzido a partir dessa articulação entre conceitos químicos e interações CTS.

#### 5.4 *Elaboração do produto educacional*

A sequência proposta neste trabalho tem o compromisso de educar pela pesquisa para que os estudantes tenham visão crítica sobre o assunto e não sejam simples reprodutores de conceitos.

Articulada para seis (6) aulas, a sequência aborda conceitos de Eletroquímica e Oxirredução com abordagem temática sobre as cerâmicas, de forma didática e experimental, buscando fazer interação complexa entre dimensões científicas, tecnológicas e sociais.

A sequência didática (capa ilustrada na Figura 2) contém trinta e oito (38) páginas e é constituída, além de capa, sumário e referências, de frentes importantes: questionários de problematização e de aprofundamento do conhecimento; textos de referência; suporte experimental; planos de aulas por unidades e ficha de acompanhamento da aprendizagem.

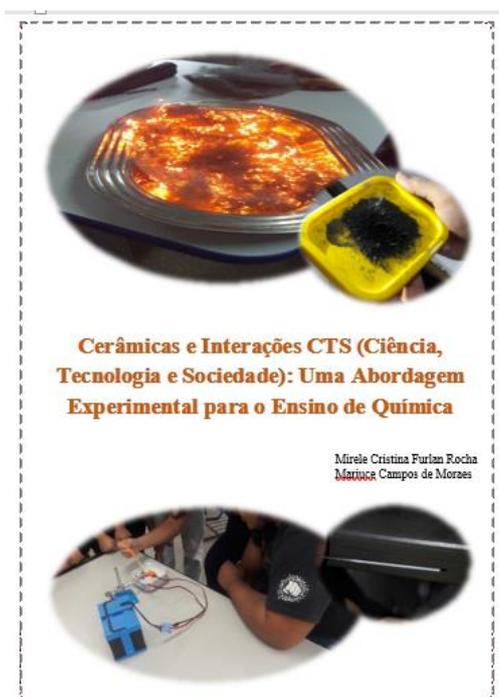


Figura 2: Capa do produto educacional.

Fonte: As autoras, 2019.

#### **5.4.1 Questionários de Problematização e Aprofundamento do conhecimento**

Os questionários de problematização, que compõem a sequência, são para introduzir a temática e servem de base para entender em qual nível de desenvolvimento os estudantes se encontram e são uma excelente oportunidade de promover a troca de experiências.

Segundo Vygotsky (1998), o estudante apresenta dois níveis de desenvolvimento: um deles engloba as funções mentais (estimado pelo que uma pessoa realiza sozinha) e o outro nível abarca o que ela conseguiria fazer ou alcançar com a ajuda de um colega ou do(a) professor(a). Essa distância entre os dois níveis é chamada de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). O que o estudante não consegue fazer hoje sozinho em breve ele fará porque se relaciona com o meio em que está inserido.

Essa troca de experiências faz que a fonte de conhecimento não seja apenas advinda do professor, contrariando a educação “bancária” (Freire, 2011). O professor é um mediador, inclusive para a formação de grupos mistos com estudantes que estejam em diferentes níveis de conhecimento. Nesses grupos todos evoluem: o mais experiente aperfeiçoa suas habilidades ao ajudar o colega e o menos experiente, com assistência, passa a realizar tarefas que não realizava (BARQUERO, 1998).

Os questionários de aprofundamento do conhecimento, que também compõem a sequência, são desafios propostos para extrapolação do conteúdo, para alcançar a generalização e aplicação do que foi aprendido e vivenciado.

#### **5.4.2 Textos de referência**

A sequência apresenta textos baseados em diversas obras (artigos, revistas e livros) que contemplam conhecimentos sobre ciência, tecnologia e sociedade com base nos temas das cerâmicas e da técnica de eletroforese. Os textos servem de ponto de partida para que haja interação entre o(a) professor(a) e os estudantes sobre o tema e os conceitos de eletroquímica e oxirredução envolvidos, além de abrir discussão sobre o assunto abordado.

#### **5.4.2.1 Texto sobre cerâmicas**

O texto Cerâmicas foi elaborado para situar o estudante no contexto histórico, social e tecnológico, além de introduzir as cerâmicas avançadas. Reúne conhecimentos de eletroquímica e óxido de nióbio (um dos principais óxidos brasileiros), além dos impactos ambientais decorrentes da mineração desse óxido.

Para uma melhor estruturação dos conhecimentos, o texto foi dividido em tópicos, listados abaixo:

- Propriedade dos Materiais Cerâmicos e sua Produção;
- As Reações de Oxirredução;
- Nióbio – Pó Cerâmico Tecnológico e os seus Impactos Econômicos e Sociais;
- Mineração e seus Impactos.

#### **5.4.2.2 O texto técnico sobre eletroforese**

Esse texto tem como referencial uma das técnicas de conformação de cerâmicas. É uma técnica muito utilizada por ser rápida, mais barata e conformar peças com formato complexo. O professor irá ter um referencial rico com questões técnicas, ambientais e conceituais.

Na parte conceitual, serão abordados conceitos de eletroquímica, evidenciando-se a transferência de elétrons entre um condutor eletrônico (eletrodo) e um condutor iônico (eletrólito) por meio da **OXIDAÇÃO** e da **REDUÇÃO**. O meio reacional será aprofundado, com ênfase no fluxo de elétrons, que muitas vezes é omitido nos materiais didáticos de forma geral.

As diversas reações envolvidas, isto é, as espontâneas (que convertem energia química em elétrica) e as não espontâneas (precisam de energia elétrica para acontecer), também serão abordadas, com ênfase no processo de eletrólise, pois este ocorre junto com a deposição do óxido quando a dispersão for aquosa.

As interações do óxido quando este estiver em pH ácido ou básico também estão contempladas de forma didática, a fim de preparar o professor para interagir com os estudantes na atividade experimental.

### **5.4.2.3 O texto propriedades ferrimagnéticas do pó cerâmico de óxido de ferro**

Os materiais cerâmicos apresentam inúmeras propriedades, dentre elas o ferrimagnetismo, muito interessante em aplicações elétricas, o qual está contido neste texto. O professor terá suporte para, junto com os estudantes, construir o experimento do ferrofluido.

### **5.4.3 *Suporte experimental***

Propor atividades que permitam a máxima inter-relação entre os diferentes conteúdos é fundamental para o processo de aprendizagem (ZABALA, 2010). Nesta seção da sequência, você terá o suporte para realizar a experimentação, com uso de equipamentos e acessórios alternativos.

### **5.4.4 *Planos de Aulas por unidades***

Cada momento didático tem um plano de aula elaborado, para que o(a) professor(a) possa ter uma visão das aulas que compõem a sequência didática. Os planos foram articulados de modo a contribuir com o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos a partir da experimentação.

### **5.4.5 *Ficha de acompanhamento da aprendizagem***

A Ficha de acompanhamento de aprendizagem para interações CTS, cerâmicas e experimentação tem a função de contribuir para analisar a participação ativa do sujeito em ensino e aprendizagem de conceitos químicos com base na experimentação e nas interações CTS.

## **6 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS: COMPREENSÃO DA PRODUÇÃO DE SENTIDOS PELOS SUJEITOS DA PESQUISA**

Neste capítulo apresentaremos as orientações metodológicas que nortearam o desenvolvimento em campo da pesquisa.

### ***6.1 Metodologia qualitativa interpretativa construtiva***

Os aspectos que norteiam esta pesquisa qualitativa são: o caráter construtivo-interpretativo da produção do conhecimento; a pesquisa como processo de comunicação e diálogo; e a legitimação do singular como instância de produção do conhecimento científico (GONZÁLEZ REY, 2015)

Dado o objeto consistente na subjetividade dos estudantes envolvidos no processo educativo experimental, pretende-se compreender os sujeitos como seres atuantes e refletivos no meio em que estão inseridos. De acordo com González Rey (2015), o caráter construtivo-interpretativo do conhecimento é uma produção humana que não está pronta para conhecer uma realidade ordenada de aspectos universais do conhecimento, realidade essa que foi e continua sendo marcada pelo positivismo, que ignora produção teórica, modelos e reflexões. Essa forma (construtiva-interpretativa) de trabalhar com o conhecimento coloca-o na condição de permanente construção, como resultado da produção humana, uma vez que a realidade não é um sistema externo. Afirmar o caráter construtivo-interpretativo do conhecimento é ir além do positivismo, ressignificando o conhecimento, enfatizando que essa é uma construção, uma produção humana, e não algo que esteja pronto para se encaixar em alguma categoria universal do conhecimento (GONZÁLEZ REY, 2005).

Nessa abordagem, o sujeito interage com sua subjetividade no modo de aprender, por meio de conversas, pesquisas e vivência da realidade, trazendo o seu contexto histórico e social para a sala de aula. A comunicação é a via que pode converter os participantes em sujeitos envolvidos com o problema investigado, a partir de seus interesses, desejos e contradições.

Todo sujeito é marcado por relações sociais, espaços e vivências, sendo singular e social ao mesmo tempo, caracterizando a complexidade do processo de ensino e aprendizagem, com marcas do simbólico-emocional e da relação do sujeito com o experimento.

## 6.2 O contexto de estudo

Para González Rey (2005), é importante criar o cenário da pesquisa antes da coleta de dados. O cenário é importante porque é o primeiro contato entre o pesquisador e os pesquisados. Esse encontro é o formador do grupo de pesquisa:

“Entendemos por cenário de pesquisa a fundação daquele espaço social que caracterizará o desenvolvimento da pesquisa e que está orientado a promover o envolvimento dos participantes da pesquisa. É precisamente no processo de criação de tal cenário que as pessoas tomarão a decisão de participar da pesquisa, e o pesquisador ganhará confiança e se familiarizará com os participantes e com o contexto em que vai desenvolver a pesquisa” (REY, 2005, p. 83).

A definição do cenário da pesquisa considerou o espaço social vivenciado pela pesquisadora, por ser a escola em que ela trabalha. O ambiente conhecido favoreceu o desenvolvimento do trabalho em campo, a entrada e a saída do local, bem como o relacionamento com professores, funcionários e estudantes, pois a pesquisadora não era uma figura estranha naquele ambiente.

O contexto de estudo aconteceu no período de maio de 2019, turno matutino, na turma de terceiro ano do Ensino Médio da escola estadual João Brienne de Camargo, localizada no município de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

Essa escola funciona em dois turnos – manhã e tarde – e atende crianças de classe popular, que moram em bairros próximos. Todas as turmas são regulares: de manhã, o ensino médio; à tarde, o ensino fundamental.

A escolha do terceiro ano foi preferível, pois no planejamento escolar o conteúdo de eletroquímica estava na matriz curricular do terceiro ano. Essa escola possui três terceiros anos e inicialmente todos foram convidados a participar da pesquisa. Foi escolhida a turma que teve o maior número de estudantes motivados a colaborar com a pesquisa. Nesse sentido, os estudantes da turma A do terceiro ano foram os contemplados com a pesquisa.

Mostra-se importante frisar que a aplicação da sequência didática deverá encaixar-se na matriz curricular e no planejamento anual. Por isso, pode ser aplicada em turmas de 2º ou de 3º ano.

Sob a perspectiva qualitativa, os dados foram coletados durante seis (6) aulas, lecionadas em quatro (4) encontros, e teve como instrumento pedagógico a sequência

didática. Os encontros aconteceram durante os horários das aulas de química da turma participante da pesquisa, o que não prejudicou a matriz curricular. Cada encontro teve a duração de duas (2) aulas, com exceção do primeiro e do último encontro, que tiveram a duração de uma (1) aula.

A sequência didática também compõe o cenário da pesquisa e foi nosso instrumento facilitador para o estudo da subjetividade. No primeiro encontro, que corresponde ao Estudo da Realidade, os objetivos foram investigar os sujeitos em relação à temática de cerâmicas, problematizar o que eles já sabiam, instigar a curiosidade, por meio de conversas e debates, além de buscar informações para experimentação.

No segundo e no terceiro encontros, os quais correspondem ao proposto na sequência didática como a Organização do Conhecimento, ocorreram o desenvolvimento da experimentação e o aprofundamento dos conceitos químicos envolvidos. Por fim, no quarto encontro ocorreu a generalização e a aplicação do conhecimento.

Assim, o presente trabalho propõe experimentos alternativos, implementados pela utilização de materiais semicondutores, óxidos, sua conformação via deposição eletroforética e suas propriedades, bem como a generalização dos conceitos químicos envolvidos.

### ***6.3 O estudo de caso***

O estudo de caso foi escolhido para as investigações no tocante à contribuição de interações CTS, experimentação e cerâmicas para a compreensão de zonas de sentidos e sua implicância no ensino e no aprendizado dos sujeitos participantes da pesquisa.

Segundo Yin (2010), o estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo em seu contexto de vida real quando seus limites não são claramente definidos. O fenômeno em questão é a subjetividade dos estudantes, por meio de ensino e aprendizagem de conceitos químicos, com interações CTS, experimentação e cerâmicas. Ainda, segundo o autor, a totalidade do grupo pode ser considerada um caso que envolve o estudo em um ambiente focado em uma questão, um caso peculiar que precisa ser descrito e detalhado com coletas de informações em várias fontes: documentos, registros, observações diretas etc.

Neste estudo, optou-se por coletas diretas em sala, registros fotográficos, debates, completamento<sup>12</sup> de frases, registros escritos. Várias fontes de coletas de informações produzem maior confiabilidade. A validação dos questionários antes da coleta de dados foi realizada por duas professoras da escola, uma delas doutora em química.

### **6.3.1 Sujeitos da pesquisa**

As informações foram proporcionadas por doze (12) estudantes do 3º ano do ensino médio, os quais identificamos por nomes fictícios, que participaram ativamente da pesquisa, estão registrados no comitê de ética<sup>13</sup>.

Em um primeiro diálogo, foi possível verificar que muitos não têm acompanhamento dos responsáveis e não recebem estímulo para o estudo. Sendo assim, o professor, na maioria das vezes, torna-se um referencial para muitos. Nesse contexto, é importante a aplicação de novas metodologias e atividades planejadas para superar obstáculos da aprendizagem.

### **6.3.2. Instrumentos de coleta de dados**

Gonzalez Rey (2005), afirma que a ruptura com a epistemologia estímulo-resposta faz que reivindicamos, em nossa metodologia, os sistemas conversacionais, os quais permitem ao pesquisador deslocar-se do lugar central das perguntas para integrar-se em uma dinâmica de conversação.

As conversações facilitam a expressão de cada um. Nesse sentido, a proposta da construção da pesquisa, mediante problematização, foi realizada com;

- instrumentos apoiados em indutores escritos (questionários abertos e completamentos de frase) – usados com o objetivo de oportunizar a expressão dos participantes, bem como ensino-aprendizagem dos conceitos químicos;
- observação – utilizada como recurso para perceber o movimento dos sujeitos na relação com o outro (professores e colegas de sala).

---

<sup>12</sup> Completamento é um instrumento de múltiplas opções da análise qualitativa, adaptando de González Rey (2005).

<sup>13</sup> Comitê de ética, parecer consubstanciado do CEP, comitê de ética em pesquisa, número 3.288.843. **CAAE:** 05803018.7.0000.8088.

Os questionários abertos, os complementamentos de frase e a observação foram realizados em todos os encontros.

### **6.3.3 Análise de dados**

A análise qualitativa terá uma configuração interpretativo-constitutiva que envolve os sujeitos da pesquisa e os aspectos subjetivos do pesquisador, como, por exemplo, suas concepções teóricas, que não podem ser controladas ou eliminadas e sim tensionadas.

Nesse modelo de produção e análise, o pesquisador, ao assumir-se sujeito da pesquisa, precisa ter uma posição ativa e produtiva. Ele deve superar a imagem de coletor de dados que domina o imaginário da pesquisa científica.

Nesse contexto, diferentes aspectos da informação e das ideias vão sendo articulados pela reflexão do pesquisador em uma construção teórica, denominada modelo, que se desenvolve entre uma tensão permanente entre o momento empírico e a produção intelectual do pesquisador, constituindo-se de significações produzidas não evidentes nos fatos (GONZALEZ REY, 2014).

A processualidade da ciência é complexa e infinita. Adaptando Planck (1941, p. 87), o objeto da ciência é algo mais, é um incessante esforço até uma meta que nunca poderia ser alcançada, pois, dada a sua natureza, é inacessível. Tal objeto é essencialmente metafísico e, como tal, encontra-se além de todas as nossas conquistas.

Essas dimensões de análises foram constituídas a partir das interações do sujeito com a experiência de construção do Material Cerâmico; da leitura cuidadosa dos questionários abertos, dos complementamentos de frases; dos objetivos da pesquisa e do referencial teórico.

Várias dimensões de análise permitem-nos um melhor entendimento, pois o sujeito, em sua produção de discurso, produz sentidos subjetivos e não apenas significados. Em todos os lugares, os sujeitos são protagonistas ativos do processo, o que dá à subjetividade uma dimensão discursiva.

A dimensão discursiva adquire o sentido da subjetividade em uma perspectiva histórico-social. Existe uma relação inseparável entre sentido e subjetividade, pois a linguagem precede o sujeito como estruturação simbólica do social. No entanto, o sujeito assume a linguagem de forma diferenciada e subjetivada: a linguagem encontra no sujeito um novo momento de sua constituição subjetiva (GONZÁLEZ REY, 2005).

Baseadas na proposta qualitativa interpretativa-constructiva de González Rey (2015), as etapas de análise foram constituídas pelos momentos a seguir:

- 1- Pré-análise: releitura dos questionários e dos complementos de frase aplicados aos estudantes até ser apreendido o seu significado pelo pesquisador.
- 2- Identificação dos indicadores: destaque das frases e das palavras-chave mais presentes e contextualizadas nos questionamentos prévios.
- 3- Construção das zonas de sentido: com base nos indicadores oriundos dos questionamentos. As zonas de sentido são zonas que sintetizam os indicadores encontrados. Os indicadores são agrupados em zonas que expressem seu significado, sentidos esses que estão em desenvolvimento permanente e são inseparáveis da cultura e da vida social da pessoa.
- 4- Construção teórica: desenvolvida a partir dos indicadores, que constituem a fonte da informação.

Segundo González Rey (2015), as informações são interpretadas durante todo o processo da pesquisa. O empírico e o teórico são indissociáveis, em reforço ao caráter construtivo-interpretativo da sua epistemologia.

A pesquisa qualitativa proposta neste trabalho entende que o conhecimento é um processo contínuo de produção. Assim, esse processo não visa elaborar resultados para serem tomados como referenciais universais em relação ao tema estudado, mas para ampliarem e aprofundarem o processo de construção de conhecimentos por parte do pesquisador. Nesse tipo de pesquisa, as questões estatísticas não são utilizadas para a análise do problema. Mostra-se importante nesse estudo a subjetividade do sujeito.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão analisadas as produções dos sujeitos da pesquisa, as quais compreendem os questionários abertos, os complementos de frase e as conversas durante os encontros. A íntegra dos questionários está nos apêndices. Para compor os resultados e discussões desse trabalho, foram escolhidas algumas questões, que levantaram indicadores relevantes para análise subjetiva dos sujeitos. Elas estão transcritas nas etapas de análise para melhor compreensão.

A produção do sujeito, decorrente de sua participação ativa no processo educativo, está sempre relacionada à construção de indicadores, ideias e reflexões que se articulam no espaço social onde ele está inserido e que definem um modelo teórico.

### *7.1. Ensino e aprendizagem e suas subjetividades*

A pesquisa possibilitou buscar indicadores para propor uma análise interpretativa sobre o ensino e a aprendizagem, bem como compreender as zonas de sentidos relacionadas a experimentação, interações CTS e conteúdos de química.

Os sentidos estão presentes no processo de formação do sujeito e sofrem alterações permanentemente. São organizados pelo pensamento, influenciam na constituição de novos sentidos, são externados pela linguagem e integram a constituição da subjetividade do indivíduo (GONZÁLEZ REY, 2005).

A compreensão dos processos de aprender está vinculada nesta pesquisa à noção da participação ativa dos sujeitos, a qual se dá na confluência da subjetividade e da produção de sentidos. Tal confluência pôde ser relatada a partir de agrupamentos de zona de sentidos com o total de doze sujeitos. Os agrupamentos representam uma organização do processo por unidades de conteúdo. Devem ser usados com o fim de produzir significados, para se integrarem a outros trechos, utilizados para representar momentos intermediários de análise.

Para tanto, a aprendizagem não é uma simples tarefa que todos realizam ao longo da vida, mas é uma realização do sujeito, uma função sua, e acontece no âmago da contínua produção de sentido que resulta em zonas de sentido articulados com a sua cultura e história.

Assim, além dos agrupamentos, foram apresentados os casos singulares<sup>14</sup> de quatro estudantes, pois os relatos deles nos deram oportunidade de compreender algumas formas pelas quais a aprendizagem se realiza.

Os Quadros 1, 2 e 3 apresentam os agrupamentos por indutores das “zonas de sentido do estudo da realidade (conhecimento prévio), durante o primeiro encontro”, produzidos pelos doze sujeitos da pesquisa.

O Quadro 1 faz o agrupamento por indicadores e sentidos sobre o conhecimento das cerâmicas e as suas tecnologias. A produção dos sujeitos ocorreu com base nas questões abertas 1 e 2 do questionário, da sequência didática, de problematização sobre cerâmicas e eletroquímica. As questões estão transcritas abaixo:

1) O que você entende sobre cerâmicas? Explique e dê no mínimo três (3) exemplos de materiais cerâmicos.

2) Qual é a matéria-prima para produzir objetos cerâmicos? Ela é proveniente de qual fonte?

Quadro 1: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre cerâmicas e suas tecnologias.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção
Respostas claras, exemplificadas e coesas	Segurança, autonomia	Antônia	1) As cerâmicas são constituídas pelas argilas (barro), outro material são os minérios. Exemplos: piso, louças de porcelana. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) Argila, barro, que são localizados nas imediações de rios, também tem os minérios.
		Danúzia	1) ( <i>As cerâmicas</i> ) São minérios que misturados com outros minérios formam a cerâmica. Ex: piso, copo, vaso e pratos. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) Minérios da terra.
		Bete	1) As cerâmicas estão nos azulejos, pisos, copo de porcelana, vaso de flor. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) Minérios.
		Tadeu	1) ( <i>As cerâmicas</i> ) Os minérios são compostos por matérias primas que são encontradas no solo. Exemplos: copo de porcelana, vaso, mármore. 2) As fontes minerais são escavadas pelo homem diretamente da Terra, onde se encontram esses minérios
		Leandra	1) Que a cerâmica é um material que pode ser usado de diversas formas na nossa sociedade. Ex: vaso de plantas, utensílios domésticos e as usadas dentro dos

<sup>14</sup> A sociedade e os fenômenos de expressão social não são resultantes de simples aglomerado. A subjetividade individual resulta do entrecruzamento de determinações coletivas de várias espécies: sociais, econômicas, tecnológicas. Todo sentido subjetivo traz a marca da história do sujeito e de sua ação nos contextos atuais de sua vida.

			materiais eletromagnéticos. 2) Acredito que seja o nióbio, que é retirado do meio social, de fonte ambiental.
Respostas exemplificadas em relação a cerâmica	Utilidade, enraizada na cultura, distanciando-se até a definição	Elza	1) Entendo que cerâmica é um azulejo, piso, copo de porcelana, vaso de flor, celular. 2) Não sei.
		Mirna	1) Cerâmica é um material utilizado para fazer alguns produtos para a sociedade. Exemplos: vasos de plantas, azulejo e utensílios domésticos. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) creio que seja o barro etc.
		Karina	1) É um material delicado feito para produzir azulejos, bonecas de cerâmica e pratos. 2) O barro que é retirada do chão.
		Sérgio	1) As cerâmicas são usadas para uso artesanal e decoração de casa, vasos, filtros. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) barro.
		Vinícius	1) São esculturas que são feitas de argila, vasos de plantas, piso, filtro de barro. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) barro e argila da terra.
Dificuldades em interpretar o que quer dizer Muitos erros na escrita e sentido da frase *15	Imprecisão e tensão frente à situação	Fernando	1) ( <i>As cerâmicas</i> ) O barro se transforma em cerâmica, que se transforma nas matérias primas. Piso, filtro de água e vaso. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) é o barro que é proveniente do solo que é retirado, argila, barro.
		Willian	1) ( <i>As cerâmicas</i> ) Que é feito de barro. Barro é um dos materiais das cerâmicas. 2) ( <i>Matéria-prima</i> ) barro da terra, da lama.

Fonte: a autora, 2019.

O Quadro 1, nos ajuda a compreender melhor a relação dos sujeitos com o conhecimento prévio sobre as cerâmicas.

Antônia, Danúzia, Elza e Fernando foram os quatro sujeitos que tiveram maior acompanhamento na pesquisa, com os quais, além das atividades propostas, tivemos a oportunidade de conversar sobre a relação deles com a família, os amigos e a escola. Esses sujeitos foram escolhidos de forma aleatória, com um de cada grupo formado em sala.

Antônia apresenta sua resposta com muita clareza conceitual e com exemplos, o que indica uma zona de sentido de segurança no que está dizendo, de conhecimento sobre as cerâmicas e de como elas estão inseridas no seu cotidiano. Todavia essa segurança limita-se às cerâmicas tradicionais, as quais possuem maior sentido e maior significado para Antônia. Propomos então, em uma segunda etapa, a ampliação desse conceito: usar o que ela já tinha de conhecimento prévio sobre as cerâmicas para proporcionar um aprendizado científico. O conceito científico permite a consciência

<sup>15</sup> Os erros de português foram corrigidos, pois não serão analisados neste trabalho.

reflexiva e é mediado por outro conceito já aprendido, com papel importante para a educação e o aprendizado (VYGOTSKY, 2005).

Para que ocorra uma aprendizagem de fato, deve-se conhecer o sujeito e quais conhecimentos prévios já estão enraizados no seu cotidiano. Assim se torna muito mais dinâmico o aprendizado, passando do senso comum para o científico.

O referencial teórico que orienta as ações do professor em sala não pode estar desconectado da singularidade dos sujeitos, pois o sujeito, como aprendiz, forma-se pela apropriação recíproca entre o domínio ontogenético e o sócio-histórico (GONZÁLEZ REY, 2003).

Em nossa análise observamos que, assim como Antônia, Danúzia também se limita a falar das cerâmicas tradicionais, único conhecimento prévio dela sobre o assunto, apontando-nos para zonas de sentidos articulados com sua historicidade e sua cultura.

Fernando tem um modo de pensar que apresenta certa dificuldade e timidez. Ele sempre recorria aos colegas de grupo para pedir ajuda. Apresentou muitos erros na escrita e no sentido de frase. Os sentidos de insegurança e tensão perante suas respostas foram percebidos pelas dificuldades em interpretar o que queria dizer.

Elza, com suas respostas exemplificadas, mostra-nos que o material cerâmico está presente no seu dia a dia, mas ela não sabe dizer de onde provém a matéria-prima para produzi-los. É uma estudante que interage com o grupo, mas, ao mesmo tempo que articula com o grupo, facilmente se distrai, perdendo o foco e a condução das atividades. Uma breve conversa mostra-nos que na casa dela moram muitas pessoas e ela recebe pouca atenção dos familiares. Isso nos alerta para a falta de foco em sala de aula, com a necessidade de chamar-lhe a atenção muitas vezes.

O Quadro 2 faz o agrupamento por indicadores e sentidos, durante o primeiro encontro, sobre o conhecimento das mineradoras e dos seus impactos. A produção dos sujeitos foi analisada de acordo com as questões abertas 3 e 4 do questionário de problematização sobre cerâmicas e eletroquímica. As questões estão transcritas abaixo:

3) A produção dessa matéria-prima envolve algum dano ambiental? Se sim, quais?

4) Quais as condições de trabalho das pessoas na mineradora?

Quadro 2: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionadas ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre impactos das mineradoras na sociedade.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção ( contínua)
Argumentos carregados de criticidade perante os impactos	Segurança e autonomia	Antônia	3) Existem impactos ambientais na produção da matéria-prima, pois as buscas desses minérios que compõem a cerâmica acabam prejudicando o meio ambiente por conta das escavações. 4) Dependendo da mineradora, as situações são precárias e com alto risco de acidentes.
		Tadeu	3) As mineradoras podem acabar com os leitos de rios e podem trazer problemas para o lençol freático. 2) Os trabalhadores têm condições precárias que podem trazer problemas de saúde.
Destaque sobre as irresponsabilidades	Responsabilidade	Bete	4) (A produção) pode causar desmatamentos, rios poluídos. 2) (Na mineradora) os trabalhadores têm más condições de trabalho.
		Elza	3) As mineradoras não pensam na poluição que ocasionam. 4) Existem malefícios aos trabalhadores desse lugar.
Impactos das mineradoras e perigo de quem trabalha	Preocupação com o meio ambiente e com as pessoas.	Danúzia	3) A mineradoras exploram o meio ambiente. 4) Os trabalhadores não estão protegidos.
		Sérgio	3) As mineradoras podem causar rompimento de barragens e desmatamento ambiental. 4) (Na mineradora) as condições dos trabalhadores não são muito boas.
		Fernando	3) (Na produção) os impactos acarretam desastres ambientais como desmatamento e contaminação do solo e dos rios. 4) A vida dos trabalhadores pode ser desumana para alguns e para outros não.
Impactos com quem trabalha nas mineradoras.	Preocupação com as pessoas	Willian	3) Não. 4) Os trabalhadores mexem com produtos químicos e estão sujeitos a pegar qualquer tipo de vírus se não estiver adequadamente protegido com luvas e camisas apropriadas para o trabalho com cerâmicas.
Escassez ambiental e valorização da profissão.	Incerteza perante os impactos ambientais, reconhecimento profissional	Karina	3) Provavelmente as mineradoras provocam impactos ambientais, pois estamos retirando matéria-prima da natureza: quanto mais retiramos, mais fica escassa. 4) É uma profissão não muito reconhecida.
Impactos das mineradoras no solo.	Interação entre material, solo e desabamento, mas não entre as condições de trabalho	Leandra	3) As mineradoras retiram uma boa quantidade de matéria do solo, ele fica mais fraco e assim muito mais sensível, levando a grandes desabamentos. 4) Não sei como são as condições dos trabalhadores.
Não apresenta argumentos	Evasivo	Mirna	3) Não sei. 4) Não sei.

Relação trabalho e pessoa	Dificuldade em expressar sua reflexão.	Vinícius	3) Não sei. 4) As condições de trabalho dependem muito da pessoa, da situação da pessoa.
---------------------------	--	----------	---

Fonte: a autora, 2019.

Alguns estudantes indicaram poucos argumentos em relação aos impactos ambientais negativos decorrentes da produção da matéria-prima que origina a cerâmica. O mesmo podemos dizer sobre as condições de trabalho dos trabalhadores nas mineradoras. Tomando-se por base o referencial teórico-metodológico de González Rey (2003), esses indicadores nos levam a um sentido evasivo, por se tratar talvez de uma questão que não tinha sido apresentada a eles. Portanto, houve falta de reflexão sobre o assunto. Assim, devemos ultrapassar processos educativos com sentido evasivo e promover, no seu lugar, processos reflexivos.

Essa falta de reflexão de alguns estudantes pode ser justificada pela falta da abordagem CTS nas escolas: muitos professores limitam-se a aulas puramente conceituais ou abordagens simplistas, muitas vezes por falta de tempo ou por ter muitos estudantes em sala de aula (SILVA; SILVA, 2016).

Como explica Freire (2011), alfabetizar é muito mais do que ler palavras; é propiciar a leitura crítica do mundo. Nesse sentido, Auler (2002) articula a importância de uma aproximação entre referenciais ligados ao movimento CTS e a pressupostos freirianos, pois aqueles contribuem para a educação em ciências, por conferirem ao projeto político pedagógico escolar uma reinvenção da sociedade. Para isso, é necessária a defesa da vocação ontológica do ser humano em ser histórico e não um simples objeto, reinventando aqueles que se encontram na cultura do silêncio, com a compreensão crítica sobre as interações CTS no ensino.

Avanços na tecnologia são importantes, mas é necessária uma melhor abordagem das interações entre ciência, tecnologia e sociedade em sala de aula, para que possa atender de certa forma à complexidade do processo.

Na resposta de Antônia, observa-se uma zona de sentido de segurança, com argumentos carregados de criticidade perante os impactos ambientais e as condições dos trabalhadores nas mineradoras. Isso fica evidenciado no trecho em que ela diz:

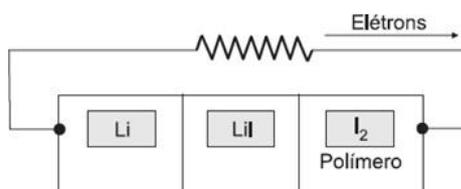
“Existem impactos ambientais na produção da matéria-prima, pois as buscas desses minérios que compõem a cerâmica acabam prejudicando o meio ambiente por conta das escavações. Dependendo da mineradora, as situações são precárias e com alto risco de acidentes para os trabalhadores” (ANTÔNIA, 2019).

Danúzia demonstra um sentido de preocupação ao dizer que: “*as mineradoras promovem impactos*” e perigo para quem trabalha nesse ambiente, pois os “*trabalhadores não estão protegidos*” e as mineradoras exploram o meio ambiente. Por sua vez, Elza demonstra em suas falas um sentido de responsabilidade no trecho em que se refere à irresponsabilidade da postura de mineradoras: “*As mineradoras não pensam na poluição que ocasionam e nos malefícios aos trabalhadores desse lugar.*”

Apesar de Fernando saber que as mineradoras acarretam desastres ambientais como desmatamento e contaminação do solo e dos rios, ele não se preocupou muito com a vida dos trabalhadores nas mineradoras, pois ele disse: que “*pode ser desumana para alguns e para outros não*”. Segundo ele, isso depende da pessoa que está vivenciando a situação: para alguns, pode ser boa. Pelo fato de ele ter dificuldade em se expressar, talvez não haja conseguido relatar o que de fato queria dizer, deixando certa confusão para a compreensão da resposta.

O Quadro 3 faz o agrupamento por indicadores e sentidos, durante o primeiro encontro, sobre o conhecimento científico da Eletroquímica (pilhas e baterias). A produção dos sujeitos foi analisada de acordo com as questões fechadas 6 e 7 do questionário de problematização sobre cerâmicas e eletroquímica que está presente na sequência didática. As questões 6 e 7 estão transcritas a seguir:

6) (Unifesp) A bateria primária de lítio-iodo surgiu em 1967, nos Estados Unidos, revolucionando a história do marca-passo cardíaco. Ela pesa menos que 20g e apresenta longa duração, cerca de cinco a oito anos, evitando que o paciente tenha de submeter-se a frequentes cirurgias para trocar o marca-passo. O esquema dessa bateria é representado na figura.



Para esta pilha, são dadas as semi-reações de redução:



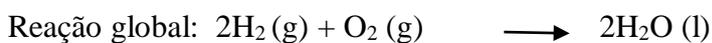
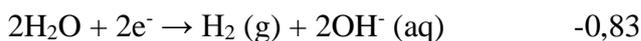
São feitas as seguintes afirmações sobre esta pilha:

- I. No ânodo ocorre a redução do íon  $\text{Li}^+$ .
- II. A ddp da pilha é + 2,51 V.
- III. O cátodo é o polímero/iodo.
- IV. O agente oxidante é o  $\text{I}_2$ .

São corretas as afirmações contidas apenas em:

- a) I, II e III.
- b) I, II e IV.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) III e IV.

7) (PUC) A indústria automobilística está desenvolvendo, para a movimentação de veículos, novas tecnologias que são mais limpas e econômicas do que as usadas atualmente com os atuais combustíveis fósseis. Uma das possibilidades é uma pilha composta por dois terminais onde são injetados oxigênio e hidrogênio. Esses gases passam por um material poroso (níquel) para um meio rico em íons  $\text{OH}^-$  que catalisam o processo a  $200^\circ\text{C}$ . Abaixo, são mostradas as meias reações-padrão de redução que ocorrem na pilha, os respectivos potenciais-padrão e a reação global da pilha.



Identifique o ânodo e o cátodo e calcule o potencial padrão da pilha.

Por serem questões fechadas, o quadro 3 apresenta o acompanhamento da produção dos sujeitos.

Quadro 3: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionadas ao estudo da realidade (conhecimento prévio) sobre o conhecimento científico da Eletroquímica (pilhas e baterias).

<b>Indicadores</b>	<b>Zona de sentido</b>	<b>Sujeito (estudante)</b>	<b>Acompanhamento da produção Questões Fechadas</b>
Respostas bem elaboradas	Segurança e autonomia	Antônia	Identifica o fluxo eletrônico, o cátodo, o agente oxidante e o potencial padrão.
Confusão com alguns cálculos	Relação com o grupo e os conceitos	Bete	Identifica um dos fluxos, mas não terminou as outras atividades propostas com cálculos de potencial padrão.
		Elza	Apresenta isolamento em relação aos colegas e vergonha ao receber atenção particular da professora.
		Tadeu	Identifica os fluxos com ajuda e tem algumas dificuldades com os cálculos, mas pediu ajuda aos colegas do grupo.
		Danúzia	Precisou de ajuda para desempenhar todas as atividades propostas e mostra muita confusão com os cálculos e o funcionamento do fluxo eletrônico.
Um modo de pensar pouco articulado	Incertezas frente aos problemas apresentados	Fernando	Mesmo com ajuda, não conseguiu finalizar as tarefas.
		Karina	Mesmo com ajuda, não entregou as tarefas propostas.
		Sérgio	Mesmo com ajuda, não entregou as tarefas propostas
		Willian	Fez as tarefas todas com auxílio.
Executa bem as contas; teve confusão com os fluxos eletrônicos	Relação com o grupo e os conceitos	Leandra	Acertou a questão que envolvia contas de potencial eletrônico, mas se confundiu no fluxo de elétrons mesmo com ajuda.
		Mirna	Acertou a questão que envolvia contas de potencial eletrônico, mas se confundiu no fluxo de elétrons mesmo com ajuda
		Vinícius	Acertou a questão que envolvia contas de potencial eletrônico, mas se confundiu no fluxo de elétrons mesmo com ajuda.

Fonte: a autora, 2019.

A autonomia e a segurança que Antônia nos transmite permanece nas questões fechadas, em que ela consegue facilmente identificar o fluxo eletrônico, o cátodo e o agente oxidante, bem como calcular o potencial padrão, com respostas bem elaboradas. Mesmo com a realização das atividades em grupo, temos a noção da liderança que ela assume. Sempre acaba as tarefas rapidamente e auxilia os colegas. É possível dizer que ela se encontra em uma zona de desenvolvimento proximal acima dos colegas que estão no grupo. Assim, observamos que é muito importante a formação de grupos, para o desenvolvimento dos outros colegas e dela mesma. A zona de desenvolvimento proximal, que é a distância do que uma pessoa consegue fazer sozinha e fazer com auxílio de alguém, é diferente em cada sujeito. Adaptando Vygotsky (1998), a troca de experiências entre os colegas faz que ele consiga realizar tarefas que antes não

conseguia sozinho. Neste caso, Antônia ajuda os outros colegas do grupo e aprende também.

No caso das estudantes Danúzia e Elza, percebemos um certo isolamento em relação aos colegas do grupo e uma certa vergonha ao receber atenção particular da professora: elas são tímidas. Danúzia precisou de ajuda para desempenhar todas as atividades propostas e apresentou muita confusão com os cálculos e o funcionamento do fluxo eletrônico. Nesse sentido, é destacada mais uma vez a importância da formação de grupos durante as atividades, pois o que um deles não sabe fazer sozinho conseguirá fazê-lo mais tarde. Elza teve confusão para realizar os cálculos e recebeu ajuda dos integrantes do grupo.

Fernando, mesmo com ajuda dos outros estudantes do grupo, não conseguiu entregar as tarefas. O sentido de incertezas e tensão frente aos problemas apresentados bloqueava sua reflexão. Por conseguinte, ele não conseguiu organizar-se para realizar a tarefa. Esses sentidos foram indicados pelo modo de pensar, que necessitava sempre de ajuda dos colegas e da professora, como se lhe faltassem recursos para administrar a situação de aprendizagem.

As informações que o questionário nos reporta não estão limitadas a uma análise fragmentada, como pontua González Rey (2015), ao contrário foram realizadas mediante um tema significativo que nos leva, desde o início da pesquisa, a um processo de construção da informação por meio de interpretações e construções desenvolvidas em nossa relação com essa informação.

Os Quadros 4, 5 e 6 apresentam os agrupamentos por indutores das “zonas de sentido da organização do conhecimento, durante o segundo encontro”, produzida pelos doze sujeitos da pesquisa, dado o questionário aberto. Esse questionário, presente na sequência didática, é o de aprofundamento da experimentação e da investigação sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese.

O quadro 4 apresenta a produção dos sujeitos, durante a experimentação sobre a eletroforese, referente às questões 2, 5 e 7 do questionário aberto. Essas questões são conceituais e estão transcritas abaixo:

2) Identifique o disperso e o dispersante no experimento.

5) Após observar e interpretar o meio reacional, identifique o ânodo e o cátodo e quais espécies químicas se reduzem e quais se oxidam. E indique o fluxo de elétrons e dos íons.

7) Durante o processo de deposição do óxido de Nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) acontece uma reação próxima ao grafite. Você poderia dizer qual seria essa reação? Como poderíamos observar que essa reação está acontecendo? Por que foi necessário aplicar um campo elétrico? Qual é a medida de corrente aplicada?

Quadro 4: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionadas à organização do conhecimento sobre a experimentação de eletroforese.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção (continua)
Respostas coerentes em relação à experimentação	Segurança e autonomia na experimentação	Antônia	2) O disperso é o óxido de nióbio; água é o dispersante. 5) O ânodo oxida e o cátodo reduz. O grafite está conectado ao polo negativo, porque o pH da dispersão foi básico. O fluxo de elétrons vai do ânodo para o cátodo. 7) Verifica-se uma reação acontecendo próxima ao eletrodo pela formação de bolhas. Foi necessário aplicar um campo elétrico para que elas coagulassem e permanecessem depositadas no eletrodo. A corrente elétrica aplicada foi de 2 V.
		Leandra	2) O óxido de nióbio é o disperso; a olho nu é [uma dispersão] homogênea. 5) O fluxo eletrônico vai do ânodo (oxida), que é o polo positivo onde há formação de oxigênio, para o cátodo (reduz), que é o polo negativo, onde há formação de hidrogênio. 7) Verifica-se a reação acontecendo pelas bolhas subindo à superfície. Podemos ver a reação acontecendo olhando para o grafite. O campo elétrico foi aplicado para que o nióbio reagisse.
		Mirna	2) O óxido de nióbio é o disperso; a olho nu é [uma dispersão] homogênea; a água é o dispersante. 5) O fluxo eletrônico vai do ânodo (oxida e perde elétrons) para o cátodo (reduz e ganha elétrons), do polo positivo para o polo negativo. 7) A reação é verificada pelas bolhas próximas ao grafite e uma espécie de película que se forma em torno do grafite. Verificamos a reação pela observação e a corrente aplicada foi de 12 Volts.

		Vinícius	<p>2) O disperso é o óxido de nióbio e a água é o dispersante.</p> <p>5) O fluxo eletrônico vai do ânodo (oxida), conectado ao polo positivo, para o cátodo (reduz), que é o polo negativo da bateria. O grafite é conectado ao cátodo.</p> <p>7) A reação que acontece perto do grafite é observada pela formação de bolhas e pelo movimento que elas fazem para que se coagulem e permaneçam depositadas no eletrodo. A bateria aplicada foi de 2 V.</p>
		Elza	<p>2) A água é o dispersante e o óxido de nióbio é o disperso.</p> <p>5) O fluxo vai do positivo para o negativo.</p> <p>7) A reação é de eletrólise aquosa. Começa com uma ação de bolha e uma espécie de película próxima ao grafite. Elas vão coagular e permanecer no eletrodo é de 2 voltagens. A carga da bateria é de 12 Volts.</p>
		Willian	<p>2) O óxido de nióbio é o disperso e a água é o dispersante.</p> <p>5) O ânodo (oxida), está conectado no aço e é o polo positivo, onde ocorre a formação de oxigênio e a perda de elétrons. Esses caminham para o polo negativo, que é o cátodo (reduz), onde está conectado o grafite e se forma hidrogênio.</p> <p>7) A reação é observada olhando o grafite, pelas bolhas subindo à superfície. Usou-se bateria para que o nióbio reagisse.</p>
		Sérgio	<p>2) O óxido de nióbio é o disperso e a água é o dispersante.</p> <p>5) O fluxo eletrônico vai do ânodo (oxida) para quem ganha.</p> <p>7) Há evidências da reação com as bolhas subindo na superfície. É possível observar pelo grafite.</p>
Problemas em identificar a eletrólise na experimentação	Irrelevância em relação à eletrólise	Bete	<p>2) A água é o dispersante e o óxido de nióbio é o disperso.</p> <p>5) Há transferência de elétrons entre um condutor eletrônico (eletrodo) e um condutor iônico (eletrólito), através de um condutor por meio da oxidação e da redução.</p> <p>7) Oxidação e redução simultaneamente. A reação dá-se com o eletrodo e com o eletrólito.</p>
Dificuldade com o fluxo eletrônico.	Irrelevância em relação aos fluxos eletrônicos.	Danúzia	<p>2) O óxido de nióbio é o disperso e a água faz a dispersão.</p> <p>5) O grafite está no polo negativo e vai reduzir, e o óxido está no positivo.</p> <p>7) A reação próxima ao grafite é de eletrólise. Identificamos que ela acontece porque começa uma ação de bolhas e uma espécie de película se forma ao redor do grafite, onde elas vão coagular e permanecer. A carga da bateria é de 12 Volts.</p>
		Fernando	<p>2) O óxido de nióbio é o disperso; a água é o dispersante, a olho nu homogêneo e no microscópio é heterogêneo.</p> <p>5) Ânodo oxida; cátodo é o polo negativo e</p>

			reduz. 7) A reação acontece porque as bolhas vão subindo à superfície. Olhando o grafite para o nióbio reagir.
		Tadeu	2) O óxido de nióbio é o disperso e a água é o dispersante. 5) Ânodo (oxida) e o cátodo (reduz). 7) A reação acontece porque há bolhas próximas à superfície, olhando o grafite. Foi necessário aplicar um campo elétrico para que o nióbio reagisse.
		Karina	2) O disperso é o óxido de nióbio e o dispersante é a água. 5) Sem resposta. 7) É possível perceber uma reação próxima ao grafite pelas bolhas subindo a superfície, olhando o grafite para que o nióbio reagisse.

Fonte: a autora, 2019.

Observamos, nas respostas do quadro 4, a importância da experimentação em sala de aula. Ela pode contribuir para formar e desenvolver um pensamento crítico, além de ser desafiadora, participativa. Nesse sentido, as respostas indicam-nos que muitos apresentaram segurança e autonomia em relação à experimentação. A experimentação articulada com os conceitos e com um tema inserido na cultura leva-nos a um conhecimento significativo, rompendo com a conservadora pedagogia de transmissão, sendo desafiante e instigante para os participantes (LAROSSA, 2002).

Alguns sujeitos apresentam certa dificuldade em relação ao fluxo eletrônico e à eletrólise, pois a pilha e a eletrólise, quando estudadas em sala, muitas vezes são decoradas sem se importar com as cargas elétricas e os íons que estão envolvidos no processo de forma geral.

O fluxo elétrico sempre vai do material de maior oxidação para o menor, do ânodo para o cátodo. Nos livros didáticos, os sinais para pilhas e eletrólise mudam, pois eles explicam que um processo é o inverso do outro. No entanto, deveriam dizer que o processo de fluxo de elétrons é o mesmo nas pilhas e na eletrólise, porém a espontaneidade da reação não, de modo que os polos – ou eletrodos – assumem polos inversos para gerar o mesmo efeito de fluxo de elétrons. Eles parecem contrários porque nós paramos nossa análise no material e desconsideramos o meio reacional, ao passo que tudo é uma continuidade.

Essa segregação esquece o conjunto, causa confusão e não apreende a totalidade. Buscamos neste trabalho a complexidade do processo, sempre com zelo na totalidade,

na formação dos ânions e dos cátions e no fluxo eletrônico que estão presentes no processo.

Na eletrólise, o ânodo é o eletrodo onde irão concentrar-se os ânions que perderão elétrons e oxidarão. Esse eletrodo é denominado de polo positivo. Por sua vez, o cátodo é o eletrodo onde irão concentrar-se os cátions que receberão elétrons e reduzirão. Esse eletrodo é denominado de polo negativo.

Então, na eletrólise temos que os elétrons fluem, no circuito, do centro gerador de elétrons para o centro povoado de carga positiva. Se, em vez de considerarmos o fluxo de elétrons, analisarmos apenas o eletrodo, o elétron vai do polo positivo para o negativo. Nas pilhas e baterias temos o mesmo processo, mas as polaridades são inversas, pois os elétrons são gerados no polo negativo, onde existe uma espécie que perde elétrons e oxida, e os elétrons vão para o polo positivo, onde está a outra espécie, que recebe os elétrons e reduz (ATKINS, 2006).

Nas respostas de Antônia, percebemos segurança e um contentamento com a experimentação. Esses indicadores são percebidos na sua resposta carregada de termos conceituais: *“O ânodo (oxida) e o cátodo (reduz), o grafite está conectado ao polo negativo, porque o pH da dispersão foi básico. O fluxo de elétrons vai do ânodo para o cátodo”*.

Elza também tem segurança no que diz. Reconhece o fluxo e a eletrólise ao afirmar: *“O fluxo vai do positivo para o negativo. A reação é de eletrólise aquosa, começa com uma ação de bolha e uma espécie de película próxima ao grafite e elas vão coagular e permanecer no eletrodo é de 2 voltagens e a carga da bateria é de 12 Volts”*.

Danúzia apresenta um sentido de irrelevância com o fluxo eletrônico. Isso pode ser analisado pelos indicadores que ela apresenta nas suas respostas. Tem coerência em relação à observação da eletrólise e dificuldades em relação ao fluxo eletrônico, ao dizer:

*“O grafite está no polo negativo e vai reduzir, e o óxido está no positivo. A reação próxima ao grafite é de eletrólise. Identificamos que ela acontece porque começa uma ação de bolhas e uma espécie de película se forma ao redor do grafite, onde elas vão coagular e permanecer” (DANÚZIA, 2019).*

Fernando apresenta um conflito nas informações para explicar a eletrólise, apesar de saber onde ocorre oxidação e redução, o que nos indica um sentido de irrelevância em relação aos fluxos eletrônicos, no trecho em que ele diz: *“A reação*

*acontece porque as bolhas vão subindo à superfície, olhando o grafite para nióbio reagir-se*”. Esse conflito relacionado à eletrólise pode estar ligado à deficiência no ensino dos conceitos que envolvem aquela, visto que, muitas vezes, sobre eletroquímica, só o conceito de pilhas é ensinado no segundo ano do ensino médio. Sendo Danúzia e Fernando estudantes que cursam o terceiro ano, pressupomos ser essa a base da deficiência nesse conceito, pois o conteúdo curricular não corresponde ao esperado para esse período letivo. Entendemos com Gonzalez Rey (2015) que esses indicadores, observados quando eles percebem a experimentação, dizem respeito a uma reação que está acontecendo junto com a eletroforese, reação essa que os estudantes não identificam.

Segundo Vygotsky (2005), a relação com o objeto é mediada por outro conceito já aprendido. Assim, o conhecimento científico permite a consciência reflexiva. Para o autor, a formação dos conceitos não é apenas uma soma de conexões formadas pela memória, mas é um ato complexo que também depende do nível mental para ser atingido.

Em algumas respostas de Fernando, percebemos dificuldades conceituais, talvez por não entender os conceitos. Para Vygotsky (2005), essa dificuldade será sanada em algum momento, pois ele acredita que os conteúdos escolares precedem o aprendizado biológico, e as funções psicológicas por eles estimuladas desenvolvem-se ao longo de um processo complexo. Por isso, toda essa complexidade das funções psicológicas fará, em determinado momento, que o estudante alcance uma zona de desenvolvimento superior.

O Quadro 5 apresenta as produções dos sujeitos, referentes à questão 3 do questionário aberto – presente na sequência didática – de aprofundamento de experimentação e investigação sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese.

A questão 3 está relacionada à técnica de eletroforese e à não espontaneidade do processo.

3) O experimento realizado utiliza uma bateria para que ocorra o processo. Pode-se dizer que o processo é espontâneo ou não espontâneo? Explique.

Quadro 5: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção
Clareza nos conceitos e na experimentação.	Segurança	Antônia	3) ( <i>Eletroforese</i> ) é um processo não espontâneo. Para que aconteça a eletrólise da água, ou seja, converter energia elétrica em energia química, é necessário o uso de uma fonte de energia, como a bateria.
		Tadeu	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Reação não espontânea, pois há energia elétrica para que aconteça a reação química. Usou uma bateria.
		Vinícius	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Processo não espontâneo. Para que aconteça a eletrólise da água, ou seja, converter energia elétrica em energia química, é necessário o uso de uma fonte de energia, como a bateria.
		Bete	3) ( <i>Eletroforese</i> ) O processo é não espontâneo. Nas reações não espontâneas é preciso fornecer energia elétrica de baterias ou pilhas para que aconteça a reação química.
		Fernando	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Processo não espontâneo porque foi preciso o auxílio da bateria para realizar o experimento.
		Karina	3) ( <i>Eletroforese</i> ) A reação é não espontânea. Nas reações não espontâneas é preciso fornecer energia elétrica de bateria ou pilhas para que aconteça a reação química.
		Elza	3) ( <i>Eletroforese</i> ) A reação é não espontânea. Nas reações não espontâneas é preciso fornecer energia elétrica de bateria ou pilhas para que aconteça a reação química.
		Leandra	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Processo não espontâneo porque foi preciso o auxílio da bateria para concluir o experimento.
		Mirna	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Processo não espontâneo porque há energia elétrica para que aconteça a reação química.
		Sérgio	3) ( <i>Eletroforese</i> ) O processo é não espontâneo porque ele precisou de auxílio da bateria para concluir a experiência.
Willian	3) ( <i>Eletroforese</i> ) Não espontâneo, precisou de auxílio da bateria para concluir a experiência.		
Confusão no fluxo	Relacional, mas não conceitual	Danúzia	3) ( <i>Eletroforese</i> ) A reação é não espontânea porque a água não produz energia sozinha, então é necessário algo para fornecer essa energia (como pilha ou bateria), para que possa fluir energia entre os polos negativo e positivo.

Fonte: a autora, 2019.

Nas respostas em geral, destaca-se a segurança durante a experimentação e isso mostra a importância de experimentar, porque ajuda a entender melhor o processo. Os sujeitos envolvidos no processo da experimentação, por meio da experiência e do sentido, conseguem entender melhor os conceitos.

A atividade experimental utilizou uma bateria de 12 V. Trata-se, portanto, de uma reação não espontânea, para a conformação da cerâmica pela técnica de eletroforese. Com a conformação da cerâmica, houve a reação de eletrólise, pois utilizamos água como dispersante.

Destacam-se nas respostas de Antônia, Fernando e Elza um sentido carregado de segurança, com clareza nos conceitos e na experimentação. Na resposta de Antônia destacam-se a compreensão do processo e o fluxo eletrônico presente: *“É um processo não espontâneo, pois a eletrólise se trata do uso da água, e a água por si só não produz corrente elétrica, mas permite a passagem dela, ocorrendo então a passagem dos íons e elétrons. Para que aconteça a eletrólise da água, ou seja, converter energia elétrica em energia química, é necessário o uso de uma fonte de energia, como a bateria”*.

Danúzia apresenta em suas respostas conceitos equivocados de fluxo elétrico. Isso pode ser por conta do aprendizado via “decoreba”. Ela diz: *“A reação não é espontânea porque a água não produz energia sozinha, então é necessário algo para fornecer essa energia (como pilha ou bateria), para que possa fluir energia entre os polos negativos e positivo”*.

Pelas respostas dos estudantes, percebemos que a experimentação facilita o entendimento das reações espontâneas ou não espontâneas. Sobre Fernando, que vinha apresentando dificuldades nas questões conceituais, observa-se uma melhora, decorrente da experimentação, no seu desenvolvimento e na sua participação.

O Quadro 6 apresenta as produções dos sujeitos da pesquisa, relacionadas à questão 4 do questionário aberto – inserido na sequência didática – de aprofundamento de experimentação e investigação sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese. Essa questão foi, durante o processo educativo, relacionada às implicações do uso tanto do etanol quanto da água na eletroforese, destacando-se os impactos ambientais decorrentes do uso de etanol e também os efeitos no produto final decorrente da reação de eletrólise da água. A questão está transcrita abaixo:

4) Qual é a vantagem em usar água em vez de etanol? Qual reação acontece durante a eletroforese quando usamos água como dispersante?

Quadro 6: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre os impactos ambientais a partir da técnica de eletroforese.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção
Cuidado ambiental	Interação entre conceitos e preocupação ambiental	Bete	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A água é utilizada porque usa uma corrente elétrica menor e não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, mas em voltagens baixas ocorre a eletrólise da água.
		Danúzia	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A água exige menos energia do que o etanol e não usa substâncias prejudiciais ao meio ambiente
		Elza	4) ( <i>A eletroforese</i> ) com água usa corrente elétrica menor e não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, e então em voltagens baixas ocorre a eletrólise da água
		Willian	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A vantagem era usar a água e não precisar usar outro produto, que precisa de outro componente quimicamente poluído. Quando usamos a água criam-se bolhas na peça cerâmica
		Leandra	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A vantagem é que a água não precisa usar outro produto, diferente do etanol, que precisa de outro componente quimicamente poluído. Quando usamos a água criam-se bolhas na peça cerâmica
		Sérgio	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A vantagem era usar a água e não precisar usar outro produto, que precisa de outro componente quimicamente poluído.
		Mirna	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A vantagem se dá porque o álcool é poluente, ou seja, a água não prejudica o meio ambiente
		Tadeu	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A vantagem se dá por não ser poluente, a água não é prejudicial ao meio ambiente. Sedimenta em processo natural
		Fernando	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) O etanol é poluente, já a água não e a água conduz melhor a eletricidade; já o etanol conduz, mas não tão bem. Acontece uma reação que não sei o fluxo.
Preocupado com a técnica e não com o social	Irrelevância ambiental	Antônia	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A água não exige tanta energia, já o etanol necessita de uma carga maior. ( <i>Reação que ocorre junto com a eletroforese</i> ) Eletrólise.
		Vinícius	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) A água não exige tanta energia, já o etanol necessita de uma carga maior. Partículas se aproximam do eletrodo, coagulam e permanecem depositadas, formando um composto, ou seja, a Eletrólise.
		Karina	4) ( <i>Na eletroforese</i> ) Acontece uma reação de bolhas ao longo do processo quando usamos a água.

Fonte: A autora, 2019.

Na questão 4, para usar o etanol como dispersante, é necessária a passagem de uma corrente elétrica muito maior pelo sistema para que aconteça a deposição do óxido de nióbio no grafite. Além disso, para que o óxido não flocule nem decante rapidamente, temos de usar certas substâncias que podem ser prejudiciais ao meio ambiente, como poliacrilatos. Por isso, a melhor alternativa seria usar solventes polares, no caso a água, que, além de requerer corrente elétrica menor, não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, porém em voltagens baixas (2V) teremos a eletrólise da água (ATKINS, 2006).

Analisando as produções descritas no Quadro, vemos que Antônia pensou na técnica, quando ela diz que: *(Na eletroforese) “A água não exige tanta energia, já o etanol necessita de uma carga maior”*. Ela esqueceu os problemas relacionados ao meio ambiente, talvez porque não seja essa a preocupação do aprendiz hoje, que muitas vezes só se preocupa com os conceitos em vez de relacionar as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.

As benfeitorias das ciências são inúmeras, mas precisamos ter consciência de todos os impactos ambientais que estarão envolvidos no processo e no uso indevido de algumas substâncias.

Danúzia e Elza apresentam sentidos de responsabilidade e preocupação em sua produção, pois, além de observarem que a técnica de eletroforese é mais fácil de ser utilizada com água, mesmo com a eletrólise junto, pensaram no cuidado ambiental. Isso está destacado na produção de Danúzia: *“A água exige menos energia que o etanol e não usa substâncias prejudiciais ao meio ambiente”*, e na produção de Elza: *“A técnica com água usa corrente elétrica menor e não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, e então em voltagens baixas ocorre a eletrólise da água”*.

Fernando, mesmo com algumas dificuldades na interpretação das questões, demonstra sentido de preocupação com o meio ambiente, quando ele diz: *“O etanol é poluente, já a água não e a água conduz melhor a eletricidade; já o etanol conduz, mas não tão bem”*. A dificuldade em externalizar a palavra pode impedir a formação de conceitos, pois estes são mediados pelas operações intelectuais que são dirigidas pelas palavras, que serão sintetizadas e simbolizadas por meio de um signo (VYGOTSKY, 2005).

Quando perguntado sobre qual reação acontece durante a eletroforese na presença de água como dispersante, Fernando se atrapalhou um pouco nos conceitos: *“Acontece uma reação que não sei o fluxo”*. Por não ser palpável, muitos estudantes

apresentam dificuldades em entender o fluxo eletrônico e também quais dispersantes conduzem corrente elétrica.

Para acontecer a condução de eletricidade, deve haver íons livres que serão responsáveis pela transferência de elétrons. Talvez esta seja a confusão de muitos estudantes: por não visualizarem os elétrons movendo-se, fica mais difícil conceituarem a condução elétrica.

Algumas substâncias moleculares conduzem corrente elétrica pela baixa capacidade de ionização. No álcool (etanol), por exemplo, isso ocorre quando, em poucas moléculas, o átomo de hidrogênio (representado em vermelho na Figura 3) de sua função orgânica desprende-se, quebrando a ligação covalente, gerando o caráter ácido, obtendo poucos íons hidroxônios ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) (Figura 4) e alcóxido ( $\text{RO}^-$ ), e resultando na pequena condução elétrica (KOTZ, 2005).



Figura 3: molécula de etanol.  
Fonte: a autora, 2019.



Figura 4 :Átomo de Hidrogênio formado o hidroxônio.  
Fonte: a autora, 2019.

Na água potável, a pequena quantidade de íons (cloretos, nitratos, fluoretos, bicarbonatos, íons de cálcio, bário, sódio, entre outros) justifica a passagem de corrente elétrica.

As Figuras 5 e 6 retratam a experimentação da eletroforese da cerâmica durante o encontro em sala de aula.



Figura 5: Montagem do sistema de eletroforese.  
Fonte: a autora, 2019.



Figura 6 : Estudantes aferindo o pH da dispersão.  
Fonte: a autora, 2019.

O experimento da eletroforese foi planejado pelos estudantes que tiveram auxílio durante a experimentação. Eles estudaram o material de estudo e, com o apoio do pesquisador, envolveram-se na experimentação. A aferição do pH é importante para saber em qual dos polos ocorrerá a deposição. Alguns grupos não aferiram o pH e perceberam que a deposição não ocorria. Então, mesmo não tendo acontecido o esperado na experimentação, eles tiveram a experiência com o material e descobriram o motivo pelo qual não acontecia a deposição. Isso evidencia que precisamos cada vez mais experimentar. Informações nos são dadas, mas apenas experimentando vamos encontrar sentido. Não existe certo ou errado na experimentação, pois tudo o que acontece tem uma explicação, portanto todas as possibilidades levam-nos ao aprendizado de conceitos químicos.

Os Quadros 7 e 8 apresentam os agrupamentos por indutores das zonas de sentido da organização do conhecimento durante o terceiro encontro. Os indutores foram propostos de acordo com a resposta dos doze (12) sujeitos da pesquisa, dadas as questões do questionário aberto. Esse questionário, presente na sequência didática, é o de aprofundamento de experimentação do ferrofluido e investigação sobre oxirredução, que foi o instrumento utilizado para a produção de sentidos dos sujeitos participantes da pesquisa.

Os ferrofluidos surgiram em 1960, quando a NASA (National Aeronautics and Space Administration) tentava produzir um combustível que pudesse ser controlado na ausência de gravidade. O ferrofluido consiste em um líquido com magnetização na presença de um campo magnético. (JORDAN et al, 1999).

O Quadro 7 apresenta as produções dos sujeitos da pesquisa, relacionadas às questões 1 e 2 do questionário aberto – presente na sequência didática – de

aprofundamento de experimentação do ferrifluido e de investigação sobre oxirredução, a partir da experimentação com ferrofluido caseiro.

As questões 1 e 2 estão relacionadas às propriedades dos materiais cerâmicos, em especial o material produzido durante a experimentação, um ferrifluido. As questões estão transcritas abaixo:

- 1) Quais propriedades dos materiais cerâmicos você conhecia?
- 2) O ferrifluido é um material produzido a partir de um pó cerâmico. Qual é o pó cerâmico em questão e qual é a propriedade que ele apresenta?

Quadro 7: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre a experimentação de ferrofluidos.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito	Produção
Respostas bem elaboradas.	Segurança e autonomia.	Karina	1) <i>Propriedades conhecidas dos materiais</i> ferrimagnetismo. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Óxido de ferro, elemento ferrimagnético dissolvido em substâncias fluídicas.
Desconhecimento da terminologia relacionada aos materiais cerâmicos e atenção em relação ao experimento.	Confusão nas propriedades. Atenção na experimentação.	Antônia	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Palha de aço e óleo de cozinha. 2) O ferrifluido é produzido a partir do óxido de ferro e apresenta propriedade de ferro, carbono e manganês.
		Mirna	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Palha de aço e óleo de cozinha. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Óxido de ferro. <i>(Suas propriedades)</i> Ferro, carbono e manganês.
		Sérgio	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Palha de aço e óleo de cozinha. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Óxido de ferro. Ferro, carbono e manganês.
		Vinícius	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Palha de aço e óleo de cozinha. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Óxido de ferro. Ferro, carbono e manganês.
		Bete	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Conhecia as propriedades ferro, carbono e manganês. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Magnetita ou óxido de ferro, ferrimagnéticas dissolvidos em substâncias fluídicas (água ou outro solvente orgânico)
		Danúzia	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> A sílica, não tenho certeza, mas acho que é usado na engenharia. 2) O óxido de ferro. As propriedades são o magnetismo e a fluidez.
		Elza	1) <i>(Propriedades conhecidas dos materiais)</i> Argila, azulejo, piso, celular, computador, TV. 2) <i>(Composição do ferrifluido)</i> Magnetita ou

		óxido de ferro (pó cerâmico) é utilizado para preparar ferrofluidos.
	Fernando	1) ( <i>Propriedades conhecidas dos materiais</i> ) Lama e argila. 2) ( <i>Composição do ferrofluido</i> ) Óxido de ferro.
	Willian	1) ( <i>Propriedades conhecidas dos materiais</i> ) Lama e argila. 2) ( <i>Composição do ferrofluido</i> ) óxido de ferro
	Tadeu	1) ( <i>Propriedades conhecidas dos materiais</i> ) Palha de aço e óleo de cozinha 2) óxido de ferro
	Leandra	1) ( <i>propriedades conhecidas dos materiais</i> ) Argila, lama. 2) ( <i>composição do ferrofluido</i> ) Não sei, não participei da experimentação.

Fonte: a autora, 2019.

Na questão 1, os estudantes ficaram confusos ao responder as propriedades dos materiais. Conseguimos observar tal confusão quanto ao significado da palavra “propriedade”, pois, em vez de apontar as características dos materiais, a maioria tentou explicar quais eram esses materiais usados na atividade experimental. Segundo Vygotsky (2005), a formação de conceitos é mediada por operações intelectuais em que todas as funções mentais elementares participam de uma combinação específica. Assim, essas operações são dirigidas pelas palavras, que serão sintetizadas e simbolizadas por meio de um signo. Por isso é tão importante a clareza do sentido e o significado da palavra para que o sujeito possa construir conceitos.

Existem duas linhas principais para a formação dos conceitos. Em uma delas, há a formação dos complexos, em que o sujeito forma grupos com diversos objetos sob um nome de família comum. Na outra linha, há formação de conceitos potenciais, isolando certos atributos comuns. Nas duas linhas a palavra é parte integrante do desenvolvimento do processo. Por isso é importante que o professor possa diagnosticar essas dificuldades apresentadas pelos estudantes, pois uma palavra com significado confuso pode desconstruir conceitos.

A questão 2 foi melhor compreendida, pois os sujeitos foram ativos e participativos da experimentação, e já havia acontecido uma discussão sobre as propriedades dos materiais e o significado da palavra “propriedade”, visto que, durante as produções da questão 1, já havia sido diagnosticada essa falha no entendimento da palavra.

Em razão disso, os conceitos de propriedade e de característica do material cerâmico foram melhor compreendidos. Isso foi evidenciado nas respostas dos sujeitos,

que conseguiram uma melhor interpretação das propriedades presentes nos materiais experimentados, justificando-se, assim, a importância de experimentar. A atividade experimental fez que eles conseguissem conceituar o que já sabiam, mas de certa forma estava embaralhado.

Antônia, Danúzia, Elza e Fernando interpretaram de forma errônea as propriedades dos materiais cerâmicos. Em relação ao experimento, ficou mais clara a percepção do material utilizado e suas propriedades por cada um deles.

O quadro 8 apresenta as produções dos sujeitos da pesquisa, relacionadas às questões 3 e 5 do questionário aberto – presente na sequência didática – de aprofundamento de experimentação do ferrifluido e de investigação sobre oxirredução, a partir da experimentação com ferrofluido caseiro.

As questões 3 e 5 estão relacionadas a experimentação, observação e espécies envolvidas no processo de oxidação e redução.

Questão 3: Após a queima da palha de aço, quais alterações você observou no material?

Questão 5: Qual espécie química oxidou e qual está reduzindo?

Quadro 8: Agrupamentos por “zonas de sentido” relacionados à organização do conhecimento sobre os processos de oxido redução a partir da experimentação de ferrifluidos.

Indicadores	Zona de sentido	Sujeito (estudante)	Produção
Coerência nas respostas	Segurança Autonomia	Antônia	3. ( <i>Experimentação</i> ) Observei a mudança de cor e da textura do material. 5. O ferro oxida e o oxigênio reduz.
		Fernando	3. ( <i>Experimentação</i> ) Mudança de cor e da textura. 5. O ferro está oxidando e o oxigênio reduzindo.
		Karina	3. ( <i>Experimentação</i> ) O material escureceu e ficou mais sensível a desmanchar. 5. O ferro está oxidando e o oxigênio reduzindo.
		Mirna	3. ( <i>Experimentação</i> ) A cor ficou um pouco mais escura e a palha de aço virou um pó após ser queimado. 5. O ferro oxida e o oxigênio reduz.
		Sérgio	3. ( <i>Experimentação</i> ) textura do material. 5. O ferro oxida e o oxigênio reduz.
		Vinícius	3. ( <i>Experimentação</i> ) A cor se tornou um pouco mais escura e a palha de aço virou um pó após a queima. 5. O ferro oxida e o oxigênio reduz
		Willian	3. ( <i>Experimentação</i> ) A textura do material. 5. O ferro está oxidando e o oxigênio

			reduzindo.
		Tadeu	3. ( <i>Experimentação</i> ) A textura do material 5. O ferro oxida e o oxigênio reduz.
Observação da experimentação, conceito parcial	Atenção na experimentação	Elza	3. ( <i>Experimentação</i> ) Temos a formação dos dois óxidos de ferro: $Fe_2O_3$ e a mudança na cor da palha de aço. 5. Sem resposta
		Bete	3. ( <i>Experimentação</i> ) A palha de aço se reduziu e ficou uma cor preta. 5. O ferro pode sofrer uma oxidação e produzir óxido de ferro.
Observação da experimentação	Desarticulação conceitual	Danúzia	3. ( <i>Experimentação</i> ) Pude observar que ocorreu o desprendimento de partes da palha de aço e o seu tamanho pareceu um pouquinho maior. 5. Sem resposta
		Leandra	3. ( <i>Experimentação</i> ) A mudança da cor; a palha de aço não queima novamente. 5. Não sei

Fonte: a autora, 2019.

As Figuras 7, 8 mostram os estudantes durante a atividade experimental do ferrofluido. O envolvimento deles com a atividade foi notado durante os encontros. A atividade vivenciada e experimentada por eles fez sentido e conseqüentemente facilitou o aprendizado dos conceitos.



Figura 7: Estudantes queimando a palha em aço.  
Fonte: a autora, 2019.



Figura 8: Estudante experimentando o seu ferrofluido.  
Fonte: a autora, 2019.

A experimentação contextualizada e situada por eles vivenciada foi muito importante para a construção dos conceitos científicos.

A temática de cerâmica foi interessante por subsidiar o aprendizado de conceitos de eletroquímica com interações CTS, pois partimos de um conhecimento que estava enraizado na cultura dos nossos sujeitos.

O que propomos foi explorar junto, pensando a educação com base no par experiência e sentido: experiência e sentido vivenciados pelos sujeitos durante a experimentação.

A atividade realizada pelos sujeitos facilitou o aprendizado e o interesse deles pelas aulas, pois percebemos que os estudantes ficaram cada vez mais entusiasmados. As atividades experimentais favoreceram esse contato e os motivou a aprender.

Experimentar é sentir. Assim, o professor deve mediar um ambiente propício para a produção do saber, no contexto interativo da sala de aula, pois o professor não é um mediador entre estudante e saber; o docente é um agente dialógico. Nesse trabalho isso aconteceu por interações CTS com experimentação.

No Quadro 8, observamos que Antônia e Fernando apresentaram sentido de segurança, com coerência nas respostas. Antônia diz: “*Observei a mudança de cor e da textura do material. O ferro oxida e o oxigênio reduz*”. Nessa resposta, destaca-se a observação da atividade experimental.

Em Fernando percebemos uma evolução desde as primeiras aulas. A experimentação facilitou seu aprendizado e sua segurança nas atividades. Percebemos isso no trecho em que ele diz: aconteceu uma “*Mudança de cor e de textura, e o ferro está oxidando e o oxigênio reduzindo*”.

Danúzia, apresentando uma desarticulação conceitual, observou alterações na palha de aço que não ajudaram muito no entendimento da oxirredução. Ela diz: “*Pude observar que ocorreu o desprendimento de partes da palha de aço e o seu tamanho pareceu um pouquinho maior*”. Elza também tem um sentido desarticulado e desentendido na sua resposta, pois ela não respondeu à questão proposta sobre o conceito de oxirredução, apesar de responder à questão referente à observação da experimentação. De forma geral, a experimentação é uma forma de conectar os estudantes aos conceitos, pois eles vivenciam e tentam entender o que aconteceu durante o experimento.

No quarto encontro, aconteceu a generalização do conhecimento, relacionada às questões abertas 2, 3, 7 e 10 da ficha de acompanhamento de aprendizagem, que está na sequência didática.

As questões 2 e 3 estão relacionadas à experimentação; as questões 7 e 10 abordam, respectivamente, os conceitos e as interações CTS.

De acordo com a explicação posta no início do capítulo, algumas questões foram escolhidas para discussão, pois elas contêm resultados relevantes para o estudo da subjetividade dos sujeitos. Elas estão transcritas abaixo:

2) A experimentação fez você vivenciar e ser parte, estar inserido, no aprendizado?

3) Você acredita que ela proporciona uma maior interação estudante-fenômeno e professor-estudante?

7) Quais conceitos sobre o tema das aulas você desconhecia?

10) Sabendo dos problemas ambientais que envolvem a mineração, acredita ser importante estudar o conteúdo de ciências abordando os impactos ambientais na sociedade? Com isso é possível ver as ciências com outro olhar?

Essas questões permitiram-nos chegar a uma discussão muito interessante com os estudantes. Diante dos relatos, observamos indicadores que nos levantaram alguns aspectos implicados na experimentação, na articulação entre o fenômeno e a teoria. A subjetividade, durante muito tempo, foi completamente excluída do estudo de fenômenos complexos. Isso faz ignorarmos a expressão diferenciada dos sujeitos na construção da significação de um acontecimento e do seu conhecimento (GONZALEZ REY, 2015).

Quando Antônia é questionada sobre a experimentação, se esta foi importante para vivenciar, estar inserida no aprendizado, ela diz: *“Sim, ajudou-me a compreender CTS. Foi uma experiência diferenciada e divertida”*. Esse trecho representa um forte indicador de contentamento em participar da atividade experimental, carregado de um sentido expreso em vivenciar algo diferente em sala. Depois disso, Antônia continua o seu relato sobre acreditar ou não que a experimentação proporciona uma maior interação estudante-fenômeno e professor-estudante. Então, ela diz: *“Sim, porque os estudantes ficam interessados em entender melhor”*.

Apesar de aprender, Antônia é capaz de expressar um indicador sobre um sentido de preocupação com o aprendizado dos colegas de sala. O elemento para definir

esse trecho como um indicador de sentido e não como uma simples descrição formal foi: *“os estudantes ficam interessados em entender melhor”*.

Esse trecho, somado a alguns outros produzidos no decorrer da pesquisa, é um indicador forte de sentido de coletividade e de sua significação na configuração do sentido de aprender.

Aprender é uma coisa muito importante para Antônia. Isso é observado na experimentação, quando a estudante afirma: *“Aprendi os conceitos de eletroforese, eletrólise e cerâmicas avançadas. É importante discutir CTS, porque qualquer forma de mineração prejudica a sociedade. Elas podem ter seus benefícios, mas também têm seus defeitos”*.

Nesse trecho, combinam-se os conceitos aprendidos e a preocupação com o meio ambiente, integrando-se em uma mesma unidade de sentido, aprendizado experimental e conceitual, e comprometimento com a sociedade.

Danúzia, sobre a experimentação, diz: *“Vivenciei com a experimentação. Espero que tenha mais aulas assim.”*. *“Ocorre interação estudante-fenômeno e professor-estudante, porque a gente discute e participa com o professor”*. O trecho *“a gente discute e participa com o professor”*, representa um forte indicador da importância do professor em sala, com presença necessária para que ocorra a discussão e o aprendizado. Sobre os conceitos aprendidos em sala e a importância de estudar o conteúdo de ciências abordando os impactos ambientais na sociedade, Danúzia escreve: *“Conteúdo desconhecido as cerâmicas, e é muito importante discutir CTS, porque informa os estudantes do que está acontecendo”*.

Nesse trecho percebemos um sentido positivista enraizado em sua vivência, no qual, em uma das falas, ela diz que o professor participa e discute e na outra ela diz que os estudantes são informados. Acreditamos no aprendizado em conjunto e na interação com o meio onde os indivíduos se desenvolvem, pois, eles devem sempre estar em participação ativa para favorecer seu aprendizado.

Considerem-se as respostas de Elza sobre a experimentação: *“Acredito que com experimento aprendemos a fixar”*, *“A gente participa, a gente visualiza”*. Essas frases são muito significativas em relação ao núcleo de sentido envolvido na forma como a estudante assume a aprendizagem: positivista, no que ela fala em fixar, visualizar, para comprovar algo que já existe. Prigogine e Stengers (1997), defendem que a ciência passou por uma metamorfose, pois antes éramos simples espectadores, replicadores,

mas as respostas dos questionários enfatizam uma linguagem positivista enraizada nos sujeitos.

Sobre os conceitos aprendidos e a importância de relacionar o conteúdo de ciências com os impactos ambientais ocasionados, Elza nos diz: *“Desconhecia o conceito de cerâmica avançada, eletrólise e eletroforese”*. E *“Discutir CTS deixa as pessoas conscientes do que está acontecendo, faz ver o mundo de outra forma”*. Nesses trechos, aparece um sentido associado ao aprendizado e à compreensão da linguagem CTS.

Fernando, em sua produção, fez-nos refletir sobre as práticas docentes, pois no decorrer dos encontros percebemos a dificuldade que ele apresenta para expressar-se. Observamos que o aprendizado, para ele, é facilitado quando acontece a prática: *“Na experimentação, aprendi o que acontece no experimento, porque eu aprendo mais na prática do que na teoria, porque na prática nós estamos vendo as reações e na teoria não”*. Notamos como ele toma consciência de que a prática facilita seu aprendizado. Nesse trecho aparece um sentido ligado à aprendizagem experimental.

Nas questões relacionadas aos conceitos aprendidos e à importância de relacionar o conteúdo de ciências com os impactos ambientais ocasionados, Fernando diz: *“Eletroforese, eletroquímica e CTS são conceitos que eu desconhecia. A mineração tem sua parte ruim e sua parte boa”*. Observamos a dificuldade que ele tem nos conceitos e a zona de desenvolvimento diferente dos colegas.

Em nossa análise sobre essas questões da ficha de acompanhamento e aprendizado, observamos que os estudantes Antônia, Danúzia e Elza mostraram indicadores de participação ativa na atividade experimental e compreensão da linguagem CTS. Essa participação carregada de subjetividade converte-se em um importante sentido de aprendizado experimental e conceitual, e de comprometimento com a sociedade. Fernando, apesar das dificuldades e dos percalços em compreender as atividades e dar respostas claras, pôde participar ativamente da experimentação e, com as atividades em grupo, compreendeu melhor as tarefas propostas.

## ***7.2 Completamentos de frase e zonas de sentidos dos quatro estudantes***

De forma geral, durante todos os encontros, observamos na estudante Antônia um perfil de valorização do ser reconhecida e querida, quando ela queria auxiliar os colegas, sempre fazendo as tarefas antes dos outros para depois ajudá-los, o que nos

leva ao sentido de coletividade, envolvimento com o grupo e aprendizado. Esses sentidos e outros como os de determinação e de preocupação com o meio ambiente e com os colegas foram evidenciados em alguns complementos de frase: **Eu observei...** “*as interações dos estudantes com o estudo das cerâmicas*”; **Eu aprendi nas aulas que:** “*estudar é importante para realizar sonhos, como produzir materiais altamente tecnológicos, e que todo tipo de extração prejudica a sociedade de alguma maneira*”.

Em uma breve conversa com ela observamos indicadores da sua relação familiar: ela é bem querida por seus familiares, é a caçula da casa e seus pais sempre estão presentes em todas as etapas da vida. Ela remete a eles com carinho e muita gratidão.

O sentido do conhecimento está sempre envolvido, gosta de falar e ser ouvida, tem respostas rápidas e presta muita atenção. O sentido de conhecimento foi evidenciado em algumas questões abertas: “*Os materiais cerâmicos são constituídas pelas argilas (barro); outro material são os minérios. Exemplos: piso, louças de porcelana*”.

Com o desenrolar das tarefas, analisamos que os trabalhos em grupo facilitaram o aprendizado no que diz respeito à zona de desenvolvimento proximal. Conceitos que eram primários foram nitidamente ficando mais complexos. Isso fica evidenciado em uma questão aberta nas discussões finais, em que Antônia diz: “*As cerâmicas estão presentes em muitas outras coisas: além dos pisos, podemos encontrá-las em materiais avançados relacionados aos computadores, tratamento de água etc.*”

Antônia, pela experimentação, participou ativamente da aula, e observamos isso mediante os registros dos complementos de frase, em que ela diz: **Gosto:** “*de coisas desafiantes*”; **Experimentar:** “*ir além do que sabemos na teoria*”. A experimentação é um desafio porque depende de muitas variáveis. Temos aqui o sentido associado à inovação, a manter-se em atividade, estar com pensamento e linguagem em constante formulações, sair da zona de conforto, estar ativo no processo, assim como exemplifica Gonzalez Rey (2005).

Antônia também tem um rendimento bom no que diz respeito ao entendimento dos fluxos eletrônicos, aos materiais cerâmicos avançados e à importância deles. Evidências dessa aprendizagem temos ao vê-la responder com tranquilidade às questões propostas durante a experimentação. Em uma de suas respostas, ela diz: que “*O fluxo eletrônico sempre vai do ânodo para o cátodo*”.

Os sentidos de alegria e satisfação estão relacionados aos indicadores de participação da experiência, ao afirmar a estudante: “*A experiência foi diferenciada e divertida, e os estudantes ficam interessados em entender melhor quando experimentamos*”. Ao responder: “*Qualquer forma de mineração prejudica a sociedade. As mineradoras podem ter seus benefícios, mas também têm seus defeitos*”, podemos indicar a boa compreensão da linguagem CTS e o comprometimento com a sociedade.

Com relação à aluna Danúzia, supomos que os problemas afetivos e sociais influenciavam no seu aprendizado. Na sala de aula, via-se sempre uma inquietação: ela não queria desenvolver trabalho em grupo e sempre ficava de cabeça baixa. Procurando indicadores para essa insegurança e para a baixa autoestima, pudemos observar um sentido carregado de falta de atenção dos pais e dos irmãos. Em nossas conversas, ela sempre reclamava: que não recebia bom tratamento em casa, que ela era a mais velha e que tinha de fazer tudo para os irmãos. Em seus complementos de frase, temos que: **Eu gostei:** “*do ferrifluido*”; **Eu aprendi nas aulas:** “*que podemos fazer nossos experimentos*”; **A experimentação:** “*é muito boa*”. Nesses complementos, temos indicadores que a experimentação é importante para ela. Isso nos leva ao sentido de participação, empenhar-se para fazer o que lhe é proposto.

Elza é uma estudante quieta. Percebemos durante os encontros que quando o professor se aproximava do grupo ela, sempre atenciosa, balançava a cabeça como se tivesse entendido. Ela completou as frases da seguinte maneira: **Eu gostei:** “*das experimentações*”; **Eu aprendi nas aulas que:** “*dá para fazer um ferrofluido com palha de aço*”; **A experimentação:** “*é extraordinária para o nosso aprendizado*”. Esses complementos de frase nos permitem abrir um conjunto de hipóteses que nos remete aos sentidos que marcam um caráter de encantamento com a experimentação. Ela também nos dá indicadores de percepção e atenção, que nos remetem a sentidos de segurança e de atenção na experimentação.

Com relação a Fernando, apesar de desenvolver bem as tarefas referentes aos impactos na sociedade, ele tem bastante dificuldade em desempenhar as atividades relacionadas a ciência, em especial a química. Pelas atividades observadas, notamos que Fernando teve dificuldade em interpretar as questões, e que não conduziu as atividades na combinação das informações dadas para gerar respostas coerentes.

Ele dependia muito dos colegas para executar suas tarefas, ou seja, para expor seu pensamento na conjuntura da situação de forma clara e chegar à finalização da

tarefa com sucesso. Isso justifica a importância dos trabalhos coletivos, para que favoreça o desenvolvimento do pensamento por meio das zonas de desenvolvimentos proximal.

A experimentação foi muito importante para ele. Observamos isso nos complementos de frase: **Eu gostei:** “*porque os experimentos me proporcionaram uma maior imersão dos experimentos, das explicações*”; **A experimentação:** “*é essencial para que o estudante interaja e aprenda mais*”. Neste contexto, percebemos que Fernando apresenta um desenvolvimento relevante durante os encontros, especificamente em relação aos experimentos.

Na experimentação não existe certo ou errado. Não podemos fazê-la como se fosse uma receita pronta que tem resultados esperados. A experimentação deve ser vivida, sentida e fazer sentido, se assim for feita, qualquer resultado produzido será um aprendizado. A experiência é algo que nos acontece e nos toca. Muitas coisas acontecem todos os dias, mas muitas delas não foram vividas, talvez por falta de tempo ou por não terem significado a verdadeira experiência, que é cada vez mais rara.

Diante do exposto, defende-se que as construções das produções subjetivas, delimitadas por zonas de sentidos, no decorrer da pesquisa, mostram a viabilidade do processo construtivo-interpretativo da pesquisa. Os questionários abertos, complementos de frase e as conversas durante os encontros ajudaram-nos a compreender uma dimensão maior da subjetividade envolvida, de como os sujeitos estão envolvidos no ensino e no aprendizado.

O processo de ensino e aprendizado, pautado no construtivismo e nas interações CTS favorece a transição das zonas de desenvolvimento proximais e a saída do senso comum para o científico.

Reunir os conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais no aprendizado contribui para a associação teoria-experimento, como observamos nos indicadores dos estudantes, bem como para a contextualização e para a educação ambiental (SANTOS et al., 2011).

Destacamos a contribuição das interações CTS, experimentação e cerâmicas para o ensino e a aprendizagem de conceitos de Química. Os encontros realizados e o instrumento utilizado contribuíram para analisar a subjetividade dos estudantes envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, a partir da relação teoria experimento e da contextualização dos conceitos químicos, relacionando teoria-experimento mediante a interface ciência-tecnologia-sociedade-ambiente.

Durante as atividades experimentais, percebemos que a reclamação deles era contra a ausência quase total de experimentos, que, quando realizados, limitavam-se a demonstrações, sem envolver a participação ativa do estudante e a possibilidade de relação entre o experimento e os conceitos. A experimentação motiva-os e esse sentido está indicado pela satisfação deles em não apenas montar e observar a atividade experimental, como no modo positivista, mas em participar ativamente do processo, sobretudo pela complexidade da aprendizagem expressa, ou seja, externalizada de uma dimensão interna, simbólico-emocional, da relação do sujeito com o experimento. Desse modo, o estudante se desenvolve por uma participação ativa e em uma relação simultânea entre a linguagem e o pensamento (VYGOTSKY, 2005; GONZÁLEZ, 2005).

No último encontro, na generalização, tem-se o confronto dos erros dos estudantes. Eles precisam assumir o erro, entender o que não sabem, para que na conscientização e em conjunto com os outros possam conduzir a si próprios em sua aprendizagem.

Muito deles têm resistência em aceitar que estão com os conhecimentos prévios ou argumentos técnico-científicos equivocados. Isso dificulta o processo de ensino. Não trabalhar a aventura da reflexão como alternativa para concluir o que está aprendendo faz que se perca um grande passo para a combinação desenvolvimento e aprendizagem. Não podemos vitimar o estudante, pois ele deve enfrentar as situações: não só os problemas escolares, mas os que estão para além das salas de aula.

Os grupos formados favoreceram a formação dos conceitos de pilhas, baterias e eletrólise, e a zona de desenvolvimento proximal foi trabalhada para que saísse do senso comum para o científico. Na experimentação eles puderam participar, observar e analisar o fluxo de elétrons, em vez de decorarem apenas os pólos das pilhas e da eletrólise. As respostas deles mostraram-nos que eles conseguiram identificar o fluxo. Na etapa de generalização, na roda de conversa, pudemos perceber que os conceitos de fluxo elétrico foram bem reelaborados. Em uma das falas, da estudante Elza temos que: *“Entendi o processo, professora: analisar o fluxo torna mais fácil o entendimento do que simplesmente decorar os polos”*.

O ensino deve considerar a sala de aula como um espaço relacional e social, que precisa compreender todos os processos relacionais de subjetivação.

É importante entender não apenas os aspectos cognitivos e sim o mundo subjetivo que se considera em sala de aula, para que os estudantes sejam protagonistas

do seu aprendizado: que tenham uma participação ativa em situações potencialmente significativas e desafiadoras.

Quando temos uma educação que favorece o desenvolvimento subjetivo dos indivíduos, adaptando Prigogine (1984), para nossas ações pedagógicas, defendemos que a vida é cheia de limitações, mas devemos viver não pelas limitações e sim pelas possibilidades, tomadas como perturbações constitutivas. Essa proposta ensina-nos a trabalhar a sala de aula sem estereótipos de estudante ruim ou bom. O desenvolvimento humano é uma permanente tensão, em que estamos sempre transitando para otimizar nossas capacidades e entrar em processos cada vez mais complexos na vida.

Há evidências de aprendizado quando os estudantes conseguem construir respostas a partir de perguntas similares, na generalização; quando melhor elaboram seus conceitos que antes eram carregados de senso comum e agora começam a ser científicos, com a novidade de uma reconceitualização, um novo modo de observar e categorizar os fenômenos. As intervenções tendem a apropriar-se das respostas dos sujeitos e ressignificá-las em uma lógica discursiva diferente. Isso permite pensar no caráter assimétrico do conhecimento, propiciando trabalhar sobre as zonas de construção de conhecimento (BARQUERO, 1998).

Nessa pesquisa, percebemos a diversidade nos níveis das ZDP dos estudantes. Mesmo com idades adequadas para frequentar o terceiro ano do ensino médio, não estão na mesma zona de desenvolvimento. Se o professor não trabalhar essas individualidades e a singularidade de cada sujeito, o estudante não alcançará uma zona de desenvolvimento esperada. Destarte, precisamos de condições melhores para que os profissionais da educação consigam atender à demanda escolar e entender a singularidade de cada estudante. Para desenvolver isso, devemos entender em qual zona de desenvolvimento está nosso estudante. Isso demanda, dentre muitos anseios do professor, salas menos lotadas e estruturas físicas melhores.

A pesquisa também permitiu comprovar que as interações entre pares ou grupos têm efeito maior no desenvolvimento e nas interações estudante-estudante: eles sentiram-se mais à vontade e permitiram uma maior alternância de papéis. Com isso, o que eles não conseguiam, em um primeiro momento, fazer sozinhos realizaram depois.

Nas práticas escolares, a natureza assimétrica dos processos de apropriação da ZDP (BARQUERO, 1998; VYGOTSKY, 2005) é essencial para o desenvolvimento e a aprendizagem. A escola, como espaço de construção, com atividades organizadas pela sequência didática, pode produzir processos específicos de apropriação que estabelecem

conexão recíproca entre os diversos sujeitos envolvidos. O desenvolvimento psicológico produzido nas práticas escolares é uma apropriação de certos objetos culturais. Nessa linha, é possível orientação para desenvolver concepções pré-científicas para compreensão de conceitos científicos.

Convém valorizar a ação do estudante, o aprender a aprender, em que o processo é mais importante que o produto. Igualmente, o pensar, o agir e o refletir sobre a teoria e a prática por meio de situações históricas e sociais. Baseado no tema gerador, deve-se compreender o que fazer: ação-reflexão-ação (Freire, 2011).

A divisão entre o social e o individual inexistente, como elucidado por González Rey (2005), conforme se pode perceber pelas expressões dos participantes da pesquisa, em que há uma relação intrínseca entre o social e a subjetividade individual, com reciprocidade, constância e inexistência de término. Segundo o autor, o indivíduo é ao mesmo tempo constituinte e constituído. A subjetividade consiste em um sistema complexo formado nos planos individual e social, simultaneamente, em que o sujeito é um indivíduo intencional, consciente, interativo e emotivo, e que se constrói pelos espaços sociais em que atua.

Entendemos também que os recursos utilizados – experimentação, interações entre experiência, sentido, ciência, tecnologia, sociedade, sequência didática – contribuíram para desenvolver um conhecimento significativo sobre ensino de Química. Propiciar a experiência é ir além da conservadora pedagogia da transmissão, além de ser algo revolucionário e desafiante (LAROSSA, 2002).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das zonas de sentidos dos estudantes, com base em suas produções, mostrou-se oportuna para o entendimento de aspectos importantes, como a participação ativa durante as aulas, a vivência, as interações CTS e os indícios de indicadores que foram externalizados por uma dimensão interna, simbólico-emocional, da relação do sujeito com o experimento. Dessa forma, verificamos que a aprendizagem se realiza de forma gradual, proximal e interativa, e por zonas de desenvolvimento diferentes. Cada sujeito desenvolve-se porque está ativamente em interação com o meio em que se encontra inserido.

Por isso se destaca a importância de conhecer quais as formas de intervenção buscando conhecer as zonas de desenvolvimento proximais de cada sujeito, colocando-os em grupos e estimulando atividades que vão além da zona em que eles se encontram. O conhecimento prévio do que eles sabem facilita o aprendizado de conceitos científicos.

Os temas sociais, como a abordagem dos problemas ocasionados pelas mineradoras, mostram-se importantes, pois possibilitam um ensino de química mais significativo e mais expressivo quanto à aprendizagem. O conteúdo flui de forma articulada envolvendo o campo social, tecnológico e ambiental, o que possibilita ao estudante ter uma formação para que atue de forma participativa na sociedade.

Epistemologicamente, este trabalho contribui para que outros professores tenham uma visão mais ampla sobre os sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. As teorias simplistas são superadas quando nós, como educadores, assumimos a intenção de educar pela pesquisa. Cheio de desafios, esse processo não é fácil nem espontâneo, pois os estudantes, inicialmente, não conseguem perceber o aprendizado quando não são submetidos à exposição tradicional do conteúdo. É da tradição escolar o estudante estar acostumado a fazer cópia e não aprender a aprender. Tal fato leva-nos a considerar a complexidade desta proposta de educar pela pesquisa, que tem como um dos objetivos principais a capacidade argumentativa do estudante.

A forma como os momentos pedagógicos foram conduzidos durante as aulas possibilitou a compreensão das zonas de sentidos dos sujeitos à medida que retratavam um pouco de sua história. A produção subjetiva que obtivemos não terá sempre os mesmos resultados. Cada sujeito é único e tem uma vivência que antecede à escola.

Em especial, as conversas durante os encontros foram formas eficientes para refletir sobre as zonas de sentido construídas ao longo da pesquisa pelos estudantes, além de afirmar hipóteses sobre a aprendizagem.

Por fim, ressaltamos que este trabalho de pesquisa proporcionou à pesquisadora uma maior compreensão das zonas de sentido dos sujeitos e de como elas são importantes no processo de ensino aprendizagem. E mais: as produções dos sujeitos reforçam a ideia de que faltam atividades experimentais em sala que sejam proativas, que garantam a formação de conceitos cada vez mais complexos, além de reflexões mais críticas via interações CTS.

### **SUGESTÃO DE PESQUISA FUTURA**

Como proposta de investigação futura derivada dessa pesquisa, propomos o estudo da história de vida dos sujeitos que estejam envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, bem como a investigação das cerâmicas produzidas como fotocatalisador.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, D.O.N.; BRANCO, N.B.C.; GONÇALVES, F.P. Tratamento de água com coagulante biodegradável: uma proposta de atividade experimental. **Química Nova na Escola**, vol. 38, n. 4, p. 375-382, 2016.

ARAÚJO, K.S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A.C.; MALPASS, G.R.P. Processos oxidativos avançados: uma revisão nos fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente e Água**, vol. 11, n. 2, p. 387-401, 2016.

ARAÚJO, L. O. S; MORAIS, C. S. Rigidez locacional e os impactos socioeconômicos e ambientais da Mina de Brucutu no Município de Barão de Cocais-MG. **Revista Engenharia de Interesse Social**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6023. Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002

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

AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 73-97, 2011.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

BAQUERO, R. **Vygotsky e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BARRETO, B.S.J. BATISTA C.H, CRUZ, M.C.P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. **Química Nova na Escola**, vol. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**; volume 2, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 28 de abr. 2019.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; Jorge, M. **Ciência, educação em ciência e ensino das ciências**. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CACHAPUZ, A. Tecnociência, poder e democracia. **CTS e Educação Científica, Brasília: UNB**, 2011.

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

DE ANDRADE, D. O. N; BRANCO, N. B. C; GONÇALVES, F. P. Tratamento de água com coagulante biodegradável: uma proposta de atividade experimental. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 375-382, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

DEWEY, John. **La reconstrucción de la filosofía**. Barcelona: Planeta Agostini, 1986. 224 p.

DINIZ JÚNIOR, A. I; SILVA, J. R. R. T. Funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de estudantes do ensino médio segundo a abordagem CTS. **Química nova na escola**, v. 38, n. 1, p. 60-69, 2016.

RODRIGUES, I. C. S. et al. Abordagem CTS no Ensino de Química: O estudo dos Ácidos a Partir do Preparo de Alimentos Regionais da Amazônia. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2, p. 215-228, 2018.

FERREIRA, N. S. As pesquisas denominadas “estado da arte”. **Educação & Sociedade**, ano XXIII, n. 79, 2002.

FERREIRA, E. B. Planejamento educacional e tecnocracia nas políticas educacionais contemporâneas. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, n. 34, p. 45-59, 2012.

FIGUEIREDO, M. SANTOS, E.P.; SCHMACHTENBERG, N. Processos Oxidativos Avançados: Fundamentos e Aplicação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GALIAZZI, M. C; MORAES, R.; RAMOS, M. G.. Educar pela pesquisa: as resistências sinalizando o processo de profissionalização de professores. **Educar em revista**, v. 19, n. 21, 2003.

GEPEQ. **Química e a Sobrevivência: Hidrosfera - Fonte de Materiais**. Volume 4, 1ª edição. Editora da USP, São Paulo, 2006.

GONZÁLEZ REY, F. **Pesquisa Qualitativa em Psicologia: caminhos e desafios**. 1ª Ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2005.

GONZÁLEZ REY, F. **Pesquisa Qualitativa e Subjetividade**: os processos de construção da informação. 1ª Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2015.

GONZÁLEZ REY, F. L. **Sujeito e Subjetividade**: uma aproximação histórico-cultural. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

HEISE, S; RIVERA, L. R; BOCCACCINI, A. R. Bioactive Glass Containing Coatings by Electrophoretic Deposition: Development and Applications. In: **Biomedical, Therapeutic and Clinical Applications of Bioactive Glasses**. Woodhead Publishing, p. 3-33, 2019.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar**: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, 2015.

JORDAN, Andreas et al. Magnetic fluid hyperthermia (MFH): Cancer treatment with AC magnetic field induced excitation of biocompatible superparamagnetic nanoparticles. **Journal of Magnetism and Magnetic materials**, v. 201, n. 1-3, p. 413-419, 1999.

KOTZ, John C. **Química Geral e reações químicas**, volume 1, 5ª edição. Tradução técnica Flávio Maron Vichi. Editora Pioneira Thomson Learning, São Paulo. 2005.

LARROSA, Jorge Bondía. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista brasileira de educação**, n. 19, 2002.

LEITE, F. T. **Metodologia Científica**: métodos e técnicas de pesquisa (monografias, dissertações, teses e livros). Ideias & Letras: Aparecida - SP, 318p, 2008.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**. v.37, n. 2, p. 198-202, 2015.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, M. de F. Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 135-160, 2011.

MEDEIROS, Jaqueline Suênia Silva de. **Proposta de UEPS abordando conceitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem da eletroquímica**. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

MOLL, Luis. C. **Vygotski e a Educação** (Implicações Pedagógicas da Psicologia Sócio-Histórica). Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MUNCHEN, Sinara et al. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v.12, n.1, p.139-156, 2010.

PINHATI, F.R. Eletroforese de DNA: dos laboratórios de biologia molecular para as salas de aula. **Química Nova na Escola**, vol. 37, n. 4, p. 316-319, 2014.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva Histórico-Cultural da Educação. Rio de Janeiro, Vozes, 138 p, 1999.

REGO, T. C. Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social. **Revista Nova Escola: Grandes Pensadores**, n.19, p.92-94, 2008.SAKAMOTO, E. K; GOUVÊA, D. Desenvolvimento do sistema de deposição por eletroforese (EPD). In: **Anais do Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 45, Florianópolis, 2001.

SANJUAN, M.E.C., SANTOS, C.V., MAIA, J.O.; SILVA, A.F.A., WARTHA, E.J. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

SANTOS, Rosemar Ayres dos; AULER, Décio. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. **Ciência & Educação**, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019.

SANTOS, W. L. P. dos. et al. O enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidades de ambientalização da sala de aula de ciências. In: SANTOS, W.L. P; MALDANER, O.A(org.). **Ensino de Química em Foco**. Unijuí: Ijuí, 2011, p. 231-261.

SANTOS, A.V., et al. O incrível mundo dos materiais porosos – características, propriedades e aplicações. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 1, p. 4-11, 2015.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES. E. Experimentar Sem Medo de Errar. In: SANTOS, W.L. P.; MALDANER, O.A (org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, p. 231-261, 2011.

SILVA, L. A. da; SILVA, F.C.V. A Contextualização do Conteúdo de Eletroquímica: Um Olhar para o Livro Didático e para Concepções De Professores De Química. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, XVIII. 2016. Florianópolis.

SKOOG, D.A., et al. **Fundamentos de química analítica**. 9 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SOUZA, Salete. Eduardo de. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 1., 2007, Maringá. **Anais...** Maringá:

UEM, 2007. Disponível em: <http://www.dma.ufv.br/downloads/MAT%20103/2015-II/slides/Rec%20Didaticos%20-%20MAT%20103%20-%202015-II.pdf> . Acesso em: 9 mai. 2019.

TOQUETTO, A.R; LOPES, D.; SZPOGANICZ, B.P.; GONÇALVES, F.P. O tratamento de água em narrativas discentes: uma pesquisa na formação inicial de professores de química. In: **Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia**, Salvador/BA, 2012.

TOQUETTO, A. O tema “vidro plano (tecnologia float)” para a educação científica e tecnológica. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 153-161, 2017.

VYGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

VYGOTSKY, L.S. **Obras Escogidas**: problemas de psicologia geral. Gráficas Rogar. Fuenlabrada. Madrid, p. 387, 1982.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação social da mente**. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, p. 97, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: como ensinar. Tradução: ROSA, E. F. F, Porto Alegre: Artes Medicas,1998, Reimpressão 2010.

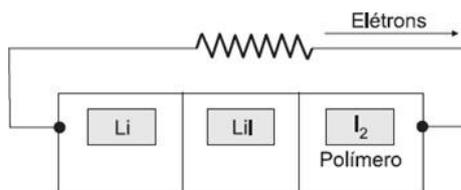
## APÊNDICE A

### QUESTIONÁRIO DE PROBLEMATIZAÇÃO SOBRE CERÂMICAS E ELETROQUÍMICA

- 1) O que você entende sobre cerâmicas? Explique e dê no mínimo 03 exemplos de materiais cerâmicos.
- 2) Qual a matéria-prima para produzir objetos cerâmicos? Ela é proveniente de qual fonte? Pode citar alguma?
- 3) A produção dessa matéria-prima envolve algum impacto ambiental? Se sim, quais?
- 4) Quais são as condições de trabalho das pessoas que trabalham com cerâmicas?
- 5) Comente de que forma:
  - a) Os impactos ambientais têm influenciado a ciência;
  - b) A pesquisa científica tem influenciado a tecnologia;
  - c) A pesquisa científica tem mudado os hábitos das pessoas.

Importante: Responda individualmente, e por escrito, as questões acima e, em seguida, discuta as respostas. Por fim, cada grupo socializará as suas respostas em uma discussão com toda a turma. As questões 6 e 7 só devem ser entregues após a socialização inicial.

- 6) (Unifesp) A bateria primária de lítio-iodo surgiu em 1967, nos Estados Unidos, revolucionando a história do marca-passos cardíaco. Ela pesa menos que 20g e apresenta longa duração, cerca de cinco a oito anos, evitando que o paciente tenha que se submeter a frequentes cirurgias para trocar o marca-passos. O esquema dessa bateria é representado na figura.



Para esta pilha, são dadas as semi-reações de redução:



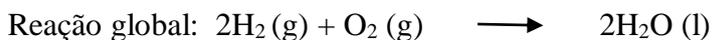
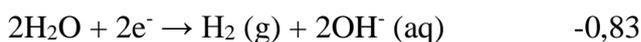
São feitas as seguintes afirmações sobre esta pilha:

- I. No ânodo ocorre a redução do íon  $\text{Li}^+$ .
- II. A ddp da pilha é + 2,51 V.
- III. O cátodo é o polímero/iodo.
- IV. O agente oxidante é o  $\text{I}_2$ .
- V. O fluxo de elétrons será do Lítio para o Iodo.

São corretas as afirmações contidas apenas em:

- a) I, II e III.
- b) I, II e IV.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) III, IV e V.

7) (PUC) A indústria automobilística está desenvolvendo, para a movimentação de veículos, novas tecnologias que são mais limpas e econômicas do que as usadas atualmente com os atuais combustíveis fósseis. Uma das possibilidades é uma pilha composta por dois terminais onde são injetados oxigênio e hidrogênio. Esses gases passam por um material poroso (níquel) para um meio rico em íons  $\text{OH}^-$  que catalisam o processo a  $200^\circ\text{C}$ . Abaixo, são mostradas as meia reações-padrão de redução que ocorrem na pilha e os respectivos potenciais-padrão e a reação global da pilha.

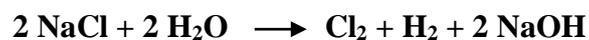


Identifique o ânodo e o cátodo, calcule o potencial padrão da pilha e indique o fluxo (sentido) dos elétrons.

**APÊNDICE B****QUESTIONÁRIO APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELETROQUÍMICA A PARTIR DA TÉCNICA DE ELETROFORESE**

- 1) O que você conhece sobre óxidos? Lembra-se de tê-los estudado?
- 2) Toda mistura é chamada de dispersão, existindo três tipos de dispersões: soluções (tamanho das partículas dispersas abaixo de 1 nm), dispersões coloidais (entre 1 a 1000 nm) e suspensões (acima de 1000nm). Dispersões coloidais são importantes para a técnica de deposição por eletroforese. Esquematize a dispersão experimental identificando o disperso e o dispersante.
- 3) Desenhe e descreva a observação da experimentação do óxido que você participou com o máximo de detalhes.
- 4) A **Eletroquímica** é uma área da química que estuda as reações que produzem corrente elétrica através de reações chamadas de oxidação e redução. Também estuda as reações que ocorrem por intermédio do fornecimento de corrente elétrica, conhecidas como eletrólise. O experimento realizado utiliza uma bateria para que ocorra o processo. Pode-se dizer que o processo é espontâneo ou não espontâneo? Explique.
- 5) Qual a vantagem em usar água em vez de etanol? Qual reação acontece durante a eletroforese quando usamos água como dispersante?
- 6) Após observar e interpretar o meio reacional, desenhe um esquema e represente quais cargas e espécies estão presentes no sistema. Identifique o ânodo e o cátodo. Quais as espécies químicas se reduzem e quais se oxidam? Indique a direção do fluxo de elétrons e dos íons.
- 7) Sabendo que o óxido de nióbio, assim como o óxido de zinco são anfóteros (não reagem com água) tendo apenas as superfícies hidratadas, tente equacionar as reações abaixo sobre a hidratação do óxido em pH ácido e básico.
  - a) (pH entre 0-7) Meio Ácido:
  - b) (pH entre 8-14) Meio Básico:
- 8) Durante o processo de deposição do óxido de Nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) acontece uma reação próxima ao grafite, você poderia dizer qual seria essa reação? Como poderíamos verificar que essa reação está acontecendo? Por que foi necessário aplicar um campo elétrico? Qual a medida da corrente aplicada?
- 9) Equacione a reação da eletrólise da água. Escreva as semi-reações representativas

10) (UFPR) A preparação industrial de NaOH se dá por meio da eletrólise em solução aquosa do NaCl, de acordo com a reação abaixo:



Marque as assertivas corretas e explique as que estão erradas.

- a) Na eletrólise, a oxidação ocorre no cátodo.
- b) A eletrólise é uma reação não espontânea, exigindo a passagem de uma corrente elétrica para se processar.
- c) Somente compostos iônicos, como o NaCl, conduzem a corrente elétrica quando dissolvidos em água.
- d) O cloro é a espécie química que reduz, e o Hidrogênio a espécie química que oxida.

## APÊNDICE C

**QUESTIONÁRIO DE APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO DO FERRIFLUIDO E INVESTIGAÇÃO SOBRE OXIRREDUÇÃO.**

- 1) Quais propriedades dos materiais cerâmicos você conhecia?
- 2) O ferrifluido é um material produzido a partir de um pó cerâmico. Qual é o pó cerâmico em questão e qual a propriedade que ele apresenta?
- 3) Após uma queima da palha de aço, quais alterações você observou no material?
- 4) Escreva a reação de uma queima da palha de aço, observando a estequiometria e a lei de conservação de massa.
- 5) De acordo com a reação da queima da palha de aço, qual espécie química está oxidando e qual está reduzindo? Utilize os números de oxidação.
- 6) A espécie que é oxidada perde ou ganha elétrons? Quais grupos da tabela periódica apresentam elementos que são oxidados?
- 7) A espécie que é reduzida perde ou ganha elétrons? Quais grupos da tabela periódica apresentam elementos que são reduzidos?
- 8) Quais das reações abaixo não são de oxirredução? Justifique.
  - a)  $4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 \longrightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3$
  - b)  $\text{CO} + 1/2 \text{ O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$
  - c)  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
  - d)  $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

**APÊNDICE D****FICHA DE ACOMPANHAMENTO DE APRENDIZAGEM****BLOCO A – Caracterização dos sujeitos da pesquisa**

Escola:

---

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

( ) Masculino ( ) Feminino Idade: \_\_\_\_\_

É a primeira vez que cursa o 3º ano do ensino médio? Sim  não  Quantas vezes contando com esse ano? \_\_\_\_\_

Qual disciplina gosta mais? \_\_\_\_\_ Por quê? \_\_\_\_\_

**BLOCO B – Aspectos do Material Didático (Geral e EXPERIMENTAÇÃO)**

- 1) A sequência didática “Cerâmicas e Interações CTS: Uma abordagem Experimental para o Ensino de Química” foi clara e coerente?
- 2) A experimentação fez você vivenciar e ser parte, estar inserido, no aprendizado?
- 3) Baseada na experimentação, você acha que ela proporciona uma maior interação estudante-fenômeno e professor-estudante?
- 4) A experimentação da eletroforese e do ferrofluido foram importantes para entender conteúdos de química?
- 5) Complemente:
  - a) Eu gostei
  - b) Eu aprendi nas aulas que
  - c) A experimentação é

- 6) De forma geral, quais suas maiores dificuldades em entender a química?

**BLOCO C — Aspectos pedagógicos do Material Didático (Conteúdo de Química)**

- 1) Quais conceitos sobre o tema da aula você desconhecia?
- 2) O que aprendeu de conteúdos químicos com a sequência didática?
- 3) Complemente:
  - a) A eletroquímica
  - b) A oxirredução
  - c) A eletroforese
  - d) Minha visão sobre as cerâmicas

**BLOCO D — Abordagem CTS**

- 1) Sabendo dos problemas ambientais que envolvem a mineração, acredita ser importante estudar o conteúdo de ciências abordando os impactos ambientais na sociedade? Com isso é possível ver as ciências com outro olhar?
- 2) As aulas apresentaram discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e meio ambiente?
- 3) O material discute os impactos decorrentes da aplicação do conhecimento científico?
- 4) Foi possível aprender conceitos de química com a contextualização das cerâmicas?
- 5) Qual a vantagem de utilizar a técnica de eletroforese em comparação com tantas outras técnicas de conformação?
- 6) O óxido de nióbio é uma riqueza brasileira, o que você conhecia sobre ele?
- 7) A mineração tem sido importante para a economia do país, porque dela provêm muitas matérias primas essenciais para confecção de inúmeros materiais da sociedade moderna, como exemplo temos o ferro, o ouro, prata, zinco. Baseando-se nos seus conhecimentos adquiridos durante suas leituras, noticiários e a sala de aula, comente sobre a mineração e seus impactos na vida das pessoas.