



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL E MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**MARIANA LEÔNCIO BERTINO CABRAL**

**CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA  
PROBLEMATIZADORA, BASEADA NO ENFOQUE CTSA, VOLTADA AO  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO  
TEMÁTICA PARA O CONTEÚDO DE SOLUÇÕES NO ENSINO MÉDIO**

**CAMPINA GRANDE-PB  
2023**

MARIANA LEÔNCIO BERTINO CABRAL

**CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA  
PROBLEMATIZADORA, BASEADA NO ENFOQUE CTSA, VOLTADA AO  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO  
TEMÁTICA PARA O CONTEÚDO DE SOLUÇÕES NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre.

**Área de concentração:** Educação química.

**Linha de Pesquisa:** Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências e Educação Matemática.

**Orientador:** Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

**CAMPINA GRANDE-PB  
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C117c Cabral, Mariana Leôncio Bertino.  
Contribuições de uma sequência didática investigativa problematizadora, baseada no enfoque CTSA, voltada ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans como temática para o conteúdo de soluções no ensino médio [manuscrito] / Mariana Leôncio Bertino Cabral. - 2023.  
161 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior, UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco."

1. Ensino da química. 2. Abordagem temática. 3. Experimentação investigativa. I. Título

21. ed. CDD 372.8

MARIANA LEÔNCIO BERTINO CABRAL

**CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA  
PROBLEMATIZADORA, BASEADA NO ENFOQUE CTSA, VOLTADA AO  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO  
TEMÁTICA PARA O CONTEÚDO DE SOLUÇÕES NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, como requisito para o título de Mestre.

Área de concentração: Ensino de Química

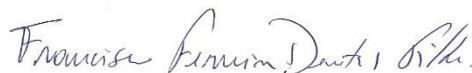
Aprovada em: 31/10/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr. (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)



---

Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Ruth do Nascimento Firme  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

A minha avó, Desinha (*in memoriam*), por ter me ensinado não apenas sonhar, mas também realizar. Minha eterna gratidão, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me permitir vivenciar experiências exitosas ao longo da minha vida.

Aos meus pais, Selma de Oliveira Leôncio Pinheiro e Antônio Bertino de Vasconcelos Cabral, meu porto seguro, que com todo apoio e respeito ensinaram aos seus filhos valores para uma boa formação.

Aos meus irmãos (Juliana, Luciana e Antônio Júnior) e aos meus sobrinhos (Raíssa, Antônio Neto, Iago, Igor, José Antônio e Anahí), que por infinitas razões são os melhores amigos e companheiros de toda a minha jornada.

Ao meu esposo, Antonio Nóbrega, aquele que me inspira a ser quem sou, por acompanhar a minha jornada e por toda compreensão nas ausências dos momentos familiares.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior, pela paciência, disponibilidade, dedicação e comprometimento ao fazer suas orientações, me inspirando e motivando a adquirir mais conhecimentos.

Aos meus colegas do mestrado, em especial a Gerlânia, Joellysson, Jaedson, Agnaldo e Thaysla pela companhia, alegria e conhecimento compartilhado.

Aos professores membros da banca examinadora, Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho e Prof.<sup>a</sup> Ruth do Nascimento Firme, pelas importantes e valiosas contribuições para a pesquisa.

À toda comunidade escolar da EREM Luiz Alves da Silva, pelo espaço para aplicar a Sequência Didática. E também pela compreensão dos meus momentos exaustivos, enfadonhos e ausências por motivos de estudos.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), que mais uma vez abre as portas para o meu crescimento profissional e intelectual.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), pela dedicação e ensinamentos disponibilizados.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram diretamente e indiretamente, de alguma forma, ao meu desenvolvimento, seja acadêmico ou pessoal, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Diferentes atores da Educação de Ciências defendem os processos de ensino e aprendizagem nas escolas sejam guiados pela contextualização e problematização dos conhecimentos. Eles recomendam que as propostas pedagógicas levem em consideração as realidades em que os estudantes estão inseridos. Com esse entendimento, a pesquisa está inserida nos pressupostos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), no contexto escolar do Agreste de Pernambuco, onde a produção de jeans é predominante e a escassez de água é uma preocupação devido ao alto consumo industrial. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo avaliar uma abordagem temática junto a estudantes do ensino médio, envolvendo o conteúdo soluções, sob um enfoque CTSA, através de uma sequência didática voltada ao tratamento de efluentes em lavanderias de jeans no Agreste de Pernambuco. Os sujeitos participantes da pesquisa foram constituídos por 15 estudantes matriculados em uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual de Santa Cruz do Capibaribe (PE). A pesquisa trata-se de cunho qualitativo. A pesquisa envolveu uma Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP) de 8 (oito) aulas, cada uma de 50 (cinquenta) minutos, em 5 (cinco) dias. As habilidades selecionadas para a SDIP alinharam-se aos conteúdos em três dimensões: conceitual, procedimental e atitudinal (CPA). A SDIP teve 6 (seis) momentos pedagógicos: i) sondagem inicial de conhecimentos prévios; ii) observação macroscópica; e iii) interpretação submicroscópica e inserção da expressão representacional; iv) posicionamentos sobre a geração de resíduos; v) retorno ao questionamento inicial e síntese do assunto; vi) avaliação. Os dados foram coletados através de questionários, material didático (produto educacional, de confecção própria), anotações e registros fotográficos. Eles foram tratados e analisados conjuntamente, de acordo com os pressupostos teóricos e metodológicos relativos à Análise de Conteúdo proposta por Bardin. Os resultados da pesquisa foram sistematizados em categorias, discutidos e interpretados com base no referencial teórico. A pesquisa provou ser relevante para os objetivos propostos, proporcionando um entendimento aprofundado sobre o tratamento de efluentes em lavanderias de jeans. Essa abordagem temática motivou os estudantes a refletir e construir conhecimento, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

**Palavras-Chave:** Ensino de Química; abordagem temática; experimentação investigativa; conteúdo de soluções.

## ABSTRACT

Different actors in Science Education argue that teaching and learning processes in schools are guided by the contextualization and problematization of knowledge. They recommend that pedagogical proposals take into account the realities in which students are inserted. With this understanding, the research is inserted in the assumptions of Science, Technology, Society and Environment (CTSA), in the school context of Agreste de Pernambuco, where the production of jeans is predominant and water scarcity is a concern due to high industrial consumption. In this sense, this research aimed to evaluate a thematic approach with high school students, involving solutions content, under a CTSA approach, through a didactic sequence focused on the treatment of effluents in jeans laundries in Agreste de Pernambuco. The subjects participating in the research were 15 students enrolled in a 3rd year high school class at a state school in Santa Cruz do Capibaribe (PE). The research is qualitative in nature. The research involved a Problematizing Investigative Didactic Sequence (SDIP) of 8 (eight) classes, each lasting 50 (fifty) minutes, over 5 (five) days. The skills selected for the SDIP aligned with the content in three dimensions: conceptual, procedural and attitudinal (CPA). SDIP had 6 (six) pedagogical moments: i) initial survey of prior knowledge; ii) macroscopic observation; and iii) submicroscopic interpretation and insertion of the representational expression; iv) positions on waste generation; v) return to the initial questioning and summary of the subject; vi) evaluation. Data were collected through questionnaires, teaching material (educational product, self-made), notes and photographic records. They were treated and analyzed together, in accordance with the theoretical and methodological assumptions relating to Content Analysis proposed by Bardin. The research results were systematized into categories, discussed and interpreted based on the theoretical framework. The research proved to be relevant to the proposed objectives, providing an in-depth understanding of the treatment of effluents in jeans laundries. This thematic approach motivated students to reflect and build knowledge, contributing to the teaching and learning process.

**Keywords:** Chemistry Teaching; thematic approach; investigative experimentation; solutions content.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa conceitual relacionado ao conteúdo de soluções químicas.....	27
<b>Figura 2</b> – Processo sintético simplificado para a obtenção do índigo natural a partir da anilina.....	36
<b>Figura 3</b> – Ilustração simplificada para a localização de moléculas de índigo na coloração da fibra de algodão, por meio de interações com as cadeias de celulose.....	39
<b>Figura 4</b> – Reação de oxirredução do índigo.....	40
<b>Figura 5</b> – Poluição de córrego em Toritama, causada pelo lançamento de água residuais não tratadas contendo o corante índigo, provenientes das lavanderias de jeans.....	41
<b>Figura 6</b> – Localização da Escola de Referência em Ensino Médio Luiz Alves da Silva, em Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco.....	58
<b>Figura 7</b> – Exemplos de soluções sólidas, líquidas e gasosas indicados pelos estudantes.....	83
<b>Figura 8</b> – Nuvem de palavras das implicações dos efluentes têxteis no contexto CTSA, segundo os estudantes.....	92
<b>Figura 9</b> – Registro de momentos de discussões na atividade com vídeo.....	94
<b>Figura 10</b> – Registro de momentos de utilização do produto educacional.....	96
<b>Figura 11</b> – Atividade de construção dos modelos moleculares representativos das estruturas do corante índigo.....	97
<b>Figura 12</b> – Modelos moleculares representativos das estruturas do corante índigo, nas formas reduzida e oxidada, construídos pelos estudantes.....	97
<b>Figura 13</b> – Realização o experimento de eletrofloculação.....	99
<b>Figura 14</b> – Realização do experimento POA-Fotofenton.....	100
<b>Figura 15</b> – Comparação entre as colorações das soluções resultantes da aplicação das duas técnicas de POA com a água do bebedouro.....	101
<b>Figura 16</b> – Visão geral das etapas do processo de beneficiamento da lavanderia de jeans.....	103
<b>Figura 17</b> – Chegada dos estudantes à lavanderia industrial, em Toritama, local da atividade experimental extraclasse realizada com os estudantes.....	104
<b>Figura 18</b> – Ações realizadas pelos estudantes na atividade experimental extraclasse, na forma de visita tecnicamente assistida, a uma lavanderia de jeans da cidade de Toritama.....	105

**Figura 19** – Frequência de ideias, associadas às dimensões CTSA, isoladamente e nas suas interações, no total das composições dos estudantes sobre o efluente azulado das lavanderias de jeans.....112

**Figura 20** – Etapas mais poluente da produção de jeans, de acordo com os estudantes.....120

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Habilidades a serem desenvolvidas no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções, com base nos PCN+ .....	29
<b>Quadro 2</b> – Alguns exemplos de expectativas de aprendizagem a serem desenvolvidas no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções.....	30
<b>Quadro 3</b> – Organizadores curriculares da formação geral básica no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco.....	31
<b>Quadro 4</b> – Abordagem do conteúdo soluções químicas na Matriz de Conhecimentos do ENEM.....	32
<b>Quadro 5</b> – Organizadores curriculares para formação geral dentro da SDIP.....	61
<b>Quadro 6</b> – Conteúdos relacionados às dimensões CTSA para a SDIP sobre o tratamento de efluentes com corante azul índigo provenientes de lavanderia de jeans.....	62
<b>Quadro 7</b> – Dimensionamento dos objetivos (CPA) para tratamento na SDIP.....	64
<b>Quadro 8</b> – Organização dos objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo (CPA) para a SDIP sobre o tratamento de efluentes com corante azul índigo provenientes de lavanderia de jeans.....	65
<b>Quadro 9</b> – Descrição das atividades da Sequência Didática Investigativa Problematicadora (SDIP).....	67
<b>Quadro 10</b> – Critérios utilizados para levantamento de concepções prévias sobre aspectos químicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à produção e comercialização de jeans, incluindo os efluentes contendo corantes.....	68
<b>Quadro 11</b> – Experimento de eletrofloculação para o tratamento de efluentes contendo o índigo.....	73
<b>Quadro 12</b> – Experimento de experimento de POA do tipo foto-Fenton para o tratamento de efluentes têxteis contendo azul índigo.....	74
<b>Quadro 13</b> – Questões norteadoras utilizadas nos momentos pedagógicos (de 2 a 5) .....	76
<b>Quadro 14</b> – Avaliação da SDIP.....	78
<b>Quadro 15</b> – Compreensões dos estudantes sobre os efluentes líquidos, em resposta à questão 1.....	82
<b>Quadro 16</b> – Compreensões dos estudantes sobre os constituintes do denim, componente do jeans.....	84

<b>Quadro 17</b> – Compreensões dos estudantes sobre as etapas do processo de beneficiamento do jeans.....	85
<b>Quadro 18</b> – Compreensões dos estudantes sobre a influência do beneficiamento de jeans na oferta e na qualidade da água da região.....	86
<b>Quadro 19</b> – Compreensões dos estudantes sobre o processo de tingimento de jeans para deixá-lo com diferentes tonalidades azuis.....	87
<b>Quadro 20</b> – Compreensões dos estudantes sobre tipos de tecnologias para os tratamentos dos corantes dos efluentes têxteis.....	88
<b>Quadro 21</b> – Compreensões dos estudantes sobre a influência da atividade de produção e comercialização de jeans no Agreste de Pernambuco.....	90
<b>Quadro 22</b> – Compreensões dos estudantes sobre implicações dos lançamentos dos efluentes para o meio ambiente.....	90
<b>Quadro 23</b> – Frequências dos aspectos CTSA e das interações estabelecidas entre essas dimensões nas ideias dos estudantes veiculadas nos textos sobre o efluente azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans.....	111
<b>Quadro 24</b> – Compreensões dos estudantes sobre os aspectos tecnológicos e as suas interações com as dimensões ciência, social e ambiental nas produções textuais.....	115
<b>Quadro 25</b> – Compreensões dos estudantes sobre a eletrofloculação.....	117
<b>Quadro 26</b> – Compreensões dos estudantes sobre o uso do POA.....	118

## LISTA DE ABREVIAMENTOS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CPA	Conceituais, Procedimentais e Atitudinais
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
POA	Processos Oxidativos Avançados
PPGECEM	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação
Matemática	
SD	Sequência Didática
SDI	Sequência Didática Investigativa
SDIP	Sequência Didática Investigativa Problematizadora
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIEPE	Sistema de Elaboração de Projetos Educacionais
SINDIVEST/PE	Sindicato da Indústria do Vestuário de Pernambuco
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<i>1.1.1 Objetivo geral.....</i>	<i>18</i>
<i>1.1.2 Objetivos específicos .....</i>	<i>19</i>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 A importância da abordagem do conteúdo soluções na química escolar .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 O tratamento de efluentes de lavanderias de jeans: um tema gerador para a abordagem do conteúdo soluções no ensino médio, sob o enfoque CTSA .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3 Sequências didáticas centradas em atividades experimentais demonstrativo-investigativa problematizadora para a abordagem do conteúdo soluções, com ênfase em CTSA, a partir do tema gerador tratamento de efluentes de lavanderias de jeans .....</b>	<b>45</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>57</b>
<b>3.1 Contexto e participantes da pesquisa .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2 Planificação da Sequência Didática Investigativa-Problematizadora (SDIP), com ênfase em atividades experimentais .....</b>	<b>59</b>
<i>3.2.1 Estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a planificação da SDIP .....</i>	<i>60</i>
<i>3.2.2 Definição dos objetivos de aprendizagem a serem contemplados na SDIP, a partir das dimensões dos conteúdos CPA.....</i>	<i>61</i>
<i>3.2.3 Estruturação da SDIP .....</i>	<i>66</i>
<b>3.3 Coleta, tratamento e análise dos dados.....</b>	<b>79</b>
<b>3.4 Validação da Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP) .....</b>	<b>80</b>
<b>3.5 Desenvolvimento de um produto educacional .....</b>	<b>80</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>4.1 As concepções iniciais dos estudantes e a problematização sobre aspectos relacionados ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2 A compreensão das características dos jeans e do processo de seu beneficiamento em lavanderias .....</b>	<b>95</b>
<b>4.3 Soluções propostas para resolução do problema inicial .....</b>	<b>109</b>
<b>4.4 Aplicações de aspectos CTSA ao contexto de tratamento de efluente de lavanderia de jeans: uma avaliação final das compreensões dos estudantes .....</b>	<b>114</b>
<i>4.4.1 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre o conteúdo soluções e o contexto efluentes .....</i>	<i>114</i>

<i>4.4.2 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre a constituição e nas propriedades dos materiais do jeans.....</i>	<i>116</i>
<i>4.4.3 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre tecnológicas para o beneficiamento do jeans .....</i>	<i>117</i>
<i>4.4.4 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos quanto ao reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional.....</i>	<i>121</i>
<i>4.4.5 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre as implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente .....</i>	<i>122</i>
<b>4.5 Avaliações dos estudantes sobre a estruturação e o desenvolvimento da SDIP .....</b>	<b>123</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>126</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>144</b>
<b>APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) .....</b>	<b>147</b>
<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>150</b>
<b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>154</b>
<b>APÊNDICE F – PROPOSTA DE REDAÇÃO DISSERTATIVA ARGUMENTATIVA .....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA .....</b>	<b>158</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma complexidade de interações dos materiais envolve os mais diferentes ambientes e atividades. O ar que respiramos, a areia da praia que pisamos, a água que bebemos... enfim, contextos próximos ou distantes! Tratam-se interações entre os diferentes elementos químicos, que contribuem para a constituição das estruturas e para as propriedades dos mais variados materiais.

As propriedades dos materiais se relacionam com os mais distintos fenômenos naturais e com os processos envolvidos em suprir as necessidades da humanidade. Conseqüentemente, essas propriedades também se fazem presentes em diferentes atividades voltadas à manutenção da vida e ao desenvolvimento social, e acabam por repercutir na mútua influência estabelecida entre o homem e a natureza. Entre os aspectos que permeiam tais questões, a água desempenha importante papel.

Substância essencial à toda e qualquer forma existente de vida e influenciadora da oferta e das características dos minerais disponíveis no Planeta, a água é de grande relevância para os processos naturais. Ela também é um recurso imprescindível para todas atividades humanas. Por isso, historicamente, sua disponibilidade e oferta para consumo têm despertado o interesse das mais variadas civilizações.

O uso adequado da água tem sido uma preocupação mundial. A água é uma substância encontrada em grande quantidade em nosso planeta, entretanto, nem toda essa água disponível pode ser diretamente aproveitada pelo homem. Além disso, antes considerada um recurso inesgotável, a disponibilidade e a oferta de água passaram a ser preocupações mundiais e responsáveis por criar conflitos em diversas regiões da Terra. Sua ocorrência, sua distribuição, seu desperdício, seu mau uso e sua poluição tornaram-se, atualmente, pauta frequente nas discussões ambientais e geopolíticas internacionais.

Tratar essas questões relacionadas à temática água na escola é importante e desafiador, em especial para os professores de química. Nesse sentido, os docentes são estimulados a desenvolverem situações de aprendizagem que envolvam saberes relacionados às características, às interações, às propriedades e ao uso consciente da água, seja em situações de consumo ou de descarte adequado. Ao mesmo tempo, essa demanda destaca um campo promissor para a pesquisa educacional, particularmente em educação química, visando o desenvolvimento e avaliação de intervenções didáticas considerando os mais diferentes contextos de ensino.



O interesse na temática tratamento de água surgiu na graduação do curso de química nessa mesma instituição, em 2013, quando eu fiz o projeto do TCC baseado com a realidade vivenciada no campo profissional inserida nas escolas de Santa Cruz do Capibaribe -PE. Nessa perspectiva, estimulou a ampliação da temática na elaboração deste projeto de pesquisa, inserido no contexto do ensino de química, na área de concentração de “Ensino de Ciências e Educação Matemática” do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), dentro da linha “Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências e Educação Matemática”. A pesquisa aqui proposta se situa dentro de pressupostos para a proposição de meios que possibilitem antecipar e superar possíveis dificuldades de natureza didática e epistemológica que ocorrem na prática pedagógica, estudando a formação, desenvolvimento e modelagem de conceitos e de problemas no domínio do ensino de química. De modo particular, o interesse da investigação se volta à promoção de estratégias de ensino-aprendizagens de conceitos relacionados ao conteúdo químico-escolar “soluções”, tendo como tema motivador o tratamento dos efluentes das lavanderias de jeans, particularmente no Polo Têxtil do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco.

O Polo Têxtil de Pernambuco engloba um conjunto formado por um grupo de cidades com características econômicas e de produção distintas, mas que juntas compõe o principal polo produtor do País (ABRAVEST, 2020; Silva Filho *et al*, 2021).

No entanto, a maior relevância produtiva é atribuída às cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. De acordo com Sindicato da Indústria do Vestuário de Pernambuco – SINDIVEST/PE estima-se que cerca de 18 mil empresas têxteis estejam instaladas na região, contribuindo para que milhões de peças de vestuário sejam produzidas para o mercado nacional e internacional, todos os anos, movimentando bilhões de reais (Oliveira *et al*, 2013). Esse segmento emprega mais de 120 mil pessoas, que, apesar de parte delas se vincular a algumas empresas de médio porte, cuja a maioria dos trabalhadores legalizados ocupa postos principalmente em micro e pequenas empresas. No entanto, verifica-se que são características marcantes da produção local: o trabalho feminino, domiciliar e familiar; a intensidade e a precariedade das condições de trabalho; e a existência de muitas unidades produtivas informais (Bezerra; Corteletti; Araújo, 2021). Tanto a legalidade quanto a informalidade desse setor de confecções impactam substancialmente a economia local.

A cidade de Toritama se destaca na região do Polo Têxtil do Agreste Setentrional por causa da sua importância na indústria do jeans urbano— mais conhecido como denim. Além de dezenas de empresas de confecção, Toritama também concentra várias indústrias de

beneficiamento, que realizam tratamentos e customizações para outros negócios. Os negócios empreendidos no município contribuem para que o Polo seja uma das maiores produtoras de jeans do Brasil, sendo a mais importante do Nordeste, representando uma parcela significativa do mercado com 14% da produção (Pereira, 2019). Toritama, a “cidade do jeans” é referência na produção em grande escala e por apresentar mais de 70 lavanderias de jeans que trabalham com o beneficiamento de peças.

A indústria do jeans requer a utilização massiva dos serviços de lavanderias industriais, que incluem o beneficiamento aos tecidos e às peças de vestimentas para melhorar suas características, por meio da aplicação de processos físicos e químicos (Araújo *et al*, 2019). Nesses beneficiamentos, as lavanderias industriais realizam diferentes métodos, como alvejamento, tingimento, amaciamento, secagem, centrifugação, desengomagem e descoloração (Silva; Xavier, 2018; Jerônimo; Galvão; Falcão, 2012). Essas operações requerem a utilização de grandes quantidades de água, um bem bastante escasso na região, que apresenta déficit hídrico (mais evapora que chove), com índice pluviométrico baixo, cerca de 550mm/ano (Silva; Xavier, 2018).

As lavanderias de jeans também causam outro importante tipo de impacto ambiental: a poluição das águas (Silva Filho *et al*, 2021). A contaminação dos corpos d’água da localidade aumentou de forma significativa, pois altas parcelas dos efluentes líquidos são despejados no esgoto público, nos canais e diretamente nos rios da região. Os processos de tingimento e de lavagem do jeans geram grandes volumes de efluentes contaminados por resíduos de corantes, como o índigo carmim, um corante azul, que é o sal sódico do ácido 5-5-índigodissulfônico ( $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$ , MM = 466,36 g.mol<sup>-1</sup>) (Cometti *et al*, 2016).

O corante índigo possui alta estabilidade e resistência à água, pois é insolúvel e, portanto, menos suscetíveis à biodegradação (Guaratini; Zanoni, 2000). Em função de sua toxicidade e de seu baixo índice de degradação, ele é considerado extremamente perigoso (Peixoto *et al*, 2013). Quando no processo de tingimento dos tecidos, 5 a 20% do índigo é perdido na lavagem (Paschoal; Tremiliosi-Filho, 2005). Esse processo é o principal responsável por grande parte da contaminação na região do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco, pois esse corante desprendido das fibras dos tecidos gera resíduos na forma de efluentes.

O Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco se vincula diretamente à minha experiência profissional como professora de química. É justamente nessa região, no município de Santa Cruz do Capibaribe, localizado a cerca de 185,7km da capital pernambucana e vizinho a Caruaru e a Toritama, onde tenho atuado por cerca de dez anos na educação básica. Em meio

aos grandes desafios vivenciados ao longo desse período, como professora de ensino fundamental e de ensino médio em escolas públicas e privadas, incluindo as experiências didáticas em Feira de Ciências e em Projetos de Ciências e Química, verifiquei a importância sobre a conscientização quanto ao uso e reúso d'água e quanto aos meios de preservação dos corpos d'água da região. Particularmente dentro das atividades desses Projetos, percebi a necessidade de uma abordagem que extrapolasse meramente os aspectos conceituais para uma articulação entre os conteúdos abordados no currículo escolar com as atividades econômicas e ambientais do local. A possibilidade de dar mais cientificidade a essa prática aumentou o interesse e a motivação para vincular essas questões à pesquisa em ensino de química, que cresceu ainda mais com o ingresso no mestrado no PPGCEM.

Os estudantes das escolas do Polo Têxtil pernambucano possuem forte relação com a indústria de jeans. Muitos trabalham e/ou convivem com parentes e conhecidos que trabalham em fábricas, lojas e/ou lavanderias. Sendo assim, essa é uma temática presente nos seus contextos e que se vincula a uma problemática significativa. Por outro lado, é interessante prover formas de contemplá-la nas abordagens escolares.

Do contexto acima anunciado, emerge o seguinte problema de pesquisa: Como abordar junto a estudantes do ensino médio, dentro do ensino aprendizagem de química, questões referentes a descoloração do efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans?

O tratamento de efluentes pode ser abordado dentro de diferentes momentos didáticos nas aulas do ensino médio. No entanto, consideramos que ele se relaciona de forma bem próxima com o conteúdo soluções.

As soluções são definidas como misturas homogêneas: líquidas, gasosas ou sólidas (Carmo; Marcondes; Martorano, 2010). Soluções é um conteúdo fundamental, pois, envolve conceitos estruturantes e se relaciona diretamente a outros tópicos dentro currículo de química (Carmo; Marcondes; Martorano, 2005). Esse também é um conteúdo que está bastante relacionado ao cotidiano dos estudantes. Muitas substâncias, empregadas para as mais diversas finalidades, são encontradas na forma de soluções, por exemplo: sucos, plasma sanguíneo, água mineral, gasolina, ar atmosférico, remédios líquidos e sólidos, e ligas metálicas. Muitos efluentes também são soluções, conforme os efluentes têxteis lançados pelas lavanderias de jeans.

A inclusão do tratamento de efluentes de lavanderias de jeans à abordagem do conteúdo soluções encontra sustentação nas recomendações para o ensino escolar de química, tanto nos documentos oficiais quanto nos resultados de pesquisas da área. Por exemplo, a

Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a necessidade de se conhecer os fenômenos naturais, investigar situações-problema e aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos em propostas de intervenções que minimizem os impactos socioambientais (Brasil, 2018). Sob a perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), propostas nessa direção no ensino de ciências podem exercer o papel responsável pela interlocução das temáticas sociais e os conteúdos científicos, um dos objetivos do ensino de química escolar (Giffoni; Barroso; Sampaio, 2020). Adicionalmente, conforme indicado em autores como Costa e Santos (2015), abordagens com propósito de educação ambiental e científica, quando tratadas sob o viés do movimento CTSA, ampliam os objetivos do ensino-aprendizagem promovendo o pensamento crítico e a tomada de consciência sobre as questões sociais. Portanto, dentro dessa concepção, o tratamento de efluentes têxteis lançados pelas lavanderias de jeans pode servir como tema proposto.

Uma possibilidade de integrar esses aspectos no ensino-aprendizagem do conteúdo soluções é estruturar e conduzir uma intervenção didática em uma turma do 3º ano de uma escola de ensino médio do município de Santa Cruz do Capibaribe, na qual a autora é professora de química, com base em uma sequência didática que permita uma abordagem mais contextual. Considerando a perspectiva almejada, uma sequência didática centrada na experimentação investigativa pode ser adequada a esse propósito. Há uma variedade de métodos físicos, químicos e biológicos para o tratamento de águas residuais, incluindo às de efluentes têxteis (Kunz *et al*, 2002). A inclusão de atividades experimentais numa abordagem temática CTSA pode auxiliar os estudantes a ampliarem a compreensão sobre seu cotidiano e o ambiente em que vivem, e a proporem soluções para mitigar ou evitar o despejo de cargas poluentes de efluentes contendo corantes lançados por lavanderias de jeans em corpos d'água.

## **1.1 Objetivos**

Considerando a problemática apresentada e para dar respostas ao problema dela derivado, foram levantados os objetivos que direcionaram a realização dessa pesquisa, conforme se descreve a seguir.

### *1.1.1 Objetivo geral*

Avaliar uma abordagem temática, junto a estudantes do ensino médio, envolvendo o conteúdo soluções, sob um enfoque CTSA, desenvolvida por meio de uma sequência didática

investigativa problematizadora (SDIP) sobre o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Identificar as compreensões dos estudantes sobre os aspectos químicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à produção e comercialização de jeans na região do Polo Têxtil do Agreste.
- Compreender os posicionamentos dos estudantes quanto aos processos e às técnicas envolvidas na geração, no tratamento e no descarte das águas residuais das lavanderias industriais de jeans.
- Investigar as proposições dos estudantes sobre a remoção de corante índigo de efluentes de lavanderias de jeans, com base nas relações entre as dimensões CTSA envolvidas nesse processo.
- Avaliar as posições dos estudantes sobre a estruturação e o desenvolvimento da SDIP.

As abordagens envolvendo a utilização de SD se inserem dentro de um campo heterogêneo, incluindo as compreensões quanto ao seu significado e possibilidades. No ensino-aprendizagem de química há diferentes propostas de SD, baseadas em fundamentos distintos, como aquelas voltadas à promoção de um enfoque CTS(A) articulado a pressupostos freirianos. Entre os trabalhos nessa direção, alinhados com a pesquisa aqui proposta, destacamos: Mortimer, Machado e Romanelli (2000); Santos e Mortimer (2000); Auler e Bazzo (2001); Auler, Dalmolin e Fenalti (2009); Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009); Firme e Amaral (2011) e Niezer, Silveira e Sauer (2016). Tais propostas evidenciam tentativas de se viabilizar a articulação de conceitos químicos em temas sociais, de modo a contribuir para capacitação e na democratização da efetiva participação dos atores envolvidos para tomadas de decisões responsáveis envolvendo CTSA. Espera-se avaliar a intervenção didática da SDIP desta pesquisa nessa direção, baseada na temática tratamentos de efluentes de lavanderias de jeans no agreste pernambucano.

A temática **tratamento de efluentes de lavanderias de jeans** tem atraído o interesse de pesquisadores em química e em educação de química. No ensino de química, verificam-se pesquisas voltadas ao ensino superior, tecnológico e ao ensino médio, nas quais essa temática está vinculada a diferentes conteúdos dos currículos, por exemplo: separação de mistura na pesquisa dos autores Cavalcanti, Bezerra, Anjos (2016); química inorgânica no trabalho de

Pereira *et al.*, (2016); interações moleculares, ligações químicas e reatividade na dissertação de Luz (2017); química ambiental na pesquisa de Lira (2018); oxirredução / processos oxidativos em alguns trabalhos de München, Soares e Adaime (2013; 2016), Ferreira *et al.* (2018) e Silva (2019); química orgânica na pesquisa de Kuchla e Souza (2018); e história da ciência por Farias e Santin Filho (2020).

O beneficiamento de jeans na perspectiva CTS(A) também é objeto de pesquisas no Brasil. Apesar de ainda ser um campo que não tem atraído muito a atenção da comunidade de pesquisadores da área de educação química, algumas dessas pesquisas se relacionam com a proposta aqui lançada.

München, Soares e Adaime (2013) realizaram um trabalho “O jeans sob a perspectiva CTS: análise de uma atividade com licenciandos em Química” com os estudantes de licenciatura de Química de uma universidade pública localizada na cidade de Santa Maria-RS com o intuito de abordar o tema jeans sob a perspectiva CTS, para que com essa orientação os licenciandos pudessem propor um tema para desenvolvimento de conceitos químicos no ensino médio. Em outra perspectiva, München, Soares e Adaime (2016) trabalharam com estudantes do segundo ano do ensino médio em uma escola do município de Santa Maria-RS, sobre “Uma abordagem CTS no Ensino Médio a partir do tema jeans” que teve como objetivo elaborar uma proposta didática baseada no enfoque CTS para o Ensino Médio a partir do tema jeans. Dentre as atividades realizadas foram momentos de exposição e discussão do tema, experimentação, pesquisa e debate em sala de aula acerca de aspectos CTS do jeans com o estudo do conceito de reações de oxirredução.

Cavalcanti, Bezerra e Anjos (2016) desenvolveram uma pesquisa sobre “Abordagem CTSA: técnicas de separação de mistura presentes no cotidiano um caminho para o empoderamento e a motivação intrínseca do alunado no processo de ensino-aprendizagem”. O público alvo dessa pesquisa foi uma turma de ensino médio em uma escola estadual de Caruaru/PE. Esses autores realizaram um *workshop*, dentro de uma oficina, que possibilitou trabalhar a temática “tratamento da água nas lavanderias de jeans”. Entre as atividades desenvolvidas, os estudantes visitaram uma lavanderia para uma análise dos processos de lavagem do jeans e descarte da água utilizada.

Pereira *et al.* (2016) realizaram uma pesquisa sobre “Ensino-aprendizagem da Química Inorgânica numa abordagem CTSA: análise crítica do tratamento da água nas lavanderias de jeans no município de Toritama/PE”. Trata-se de uma pesquisa em campo realizado por um grupo de discentes matriculados no quarto período de um curso de formação docente em Química, Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste. Essa investigação teve

como objetivo conhecer e realizar uma análise crítica das alternativas usadas no tratamento e reuso da água consumida no processo industrial de uma lavanderia de jeans em Toritama. A intervenção visava também fornecer subsídios para se garantir o seu consumo sustentável e a mitigação da carga poluidora do rio Capibaribe e seus efluentes na região.

Luz (2017) em sua dissertação “O estudo de conceitos químicos em uma abordagem CTSA por meio da temática corantes têxteis”, analisou os conceitos químicos e concepções socioeconômicas e ambientais de estudantes do ensino médio por meio da aplicação de uma sequência de atividades com o tema corantes têxteis na perspectiva CTSA, destacando aulas experimentais. Por sua vez, Lira (2018), em sua pesquisa “Contribuições do *podcasting* como recurso estimulador para o ensino e aprendizagem de química através de uma abordagem CTSA sobre o descarte de efluentes têxteis”, utilizou uma estratégia de uso de um *podcasting* produzido pelo autor, para conscientizar os envolvidos nesta pesquisa sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos efluentes têxteis nas margens do Rio Ipojuca, no eixo que corta a cidade de Caruaru, localizada no agreste pernambucano, além de identificar formas de tratamento para os efluentes têxteis. No caso de Silva (2019), em seu trabalho “Uma estratégia de ensino e aprendizagem com o enfoque CTSA numa perspectiva contextualizada através do conteúdo de eletroquímica”, a intervenção constou de uma SD utilizando a experimentação técnica de eletrocoagulação através do conteúdo de eletroquímica para estudantes de ensino médio.

Ferreira *et al* (2018) apresentaram uma proposta de intervenção didática no trabalho “Corantes: uma abordagem com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados”. Através dessa proposta, os autores apresentaram uma sequência didática com a temática corantes utilizando questionário prévio com perguntas que abordassem questões com viés social, científico e ambiental; exibição de vídeos como também leituras e discussões dentro da problematização da pesquisa; aplicação de aulas experimentais de processos oxidativos avançados (POA) para a degradação de corantes; e elaboração de textos dissertativos-argumentativos sobre a temática. A proposta didática foi implementada numa escola da rede pública de Sergipe em uma turma de 3º ano do Ensino Médio.

Kuchla e Souza (2018) apresentaram uma pesquisa sobre “Desenvolvimento de um caso simulado CTS através do uso da técnica de controvérsia no ensino de química orgânica”. A presente pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede estadual de ensino do Paraná com a participação de 28 alunos da série 3º ano do Ensino Médio. A pesquisa foi atribuída em dois momentos: inicialmente, trabalharam a teoria com abordagem da origem dos corantes e

os principais corantes utilizados nas indústrias têxteis e posteriormente a construção do júri simulado com o tema “instalação de uma indústria têxtil” englobando uma discussão político-sócio-econômica através dos conteúdos de funções orgânicas dos corantes e os impactos ambientais gerados pelos efluentes da indústria têxtil.

A pesquisa de Farias e Santin Filho (2020) intitulado “Da cor púrpura ao blue-jeans: uma abordagem histórica da ciência nas salas de recursos multifuncionais” foi realizada com alunos do ensino médio que apresentam necessidades de atendimento especializados matriculados na Sala de Recursos Multifuncionais de uma escola estadual do Paraná. Esta pesquisa foi organizada de forma a considerar como a inserção da História da Ciência pautada nos aspectos da abordagem CTSA podem auxiliar no processo de construção de conhecimentos acerca das ciências e das disciplinas científicas. Tratou-se da busca por fontes historiográficas e bibliográficas que descrevessem os diálogos que marcaram a ascensão do corante púrpura e seus aspectos sociais, econômicos, culturais, técnicos e científicos intrinsecamente envolvidos no processo.

A pesquisa aqui proposta se diferencia das demais encontradas na literatura. Pretende-se desenvolver, aplicar e avaliar uma SDIP que veicule um conteúdo curricular, o conteúdo soluções, associado a aspectos procedimentais e atitudinais. Os aspectos abordados estarão relacionados às características e implicações em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente do tratamento de efluentes de lavanderias de beneficiamento do jeans, localizadas em Toritama. Dentro de uma abordagem contextual, tendo por eixo esse tema motivador, do ponto de vista didático, os três aspectos do conhecimento químico serão contemplados: o teórico, o representacional e o fenomenológico.

Para a estruturação dos argumentos para composição e entendimento do objeto desta pesquisa, o texto que segue esta introdução está organizado em capítulos, dos quais o seguinte traz a fundamentação teórica e, em continuidade, apresenta-se a metodologia e os resultados alcançados.



## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica da proposta está contemplada em três tópicos. O primeiro destaca a importância da abordagem do conteúdo soluções na química escolar. Desenvolve-se uma tessitura para evidenciar a centralidade do conteúdo soluções para os currículos escolares, incluindo aplicações na vida cotidiana dos estudantes. Sua relevância pedagógico-didática também é relacionada a algumas das dificuldades enfrentadas pelos estudantes e que provocam lacunas em suas aprendizagens. Ao mesmo tempo, essas características reforçam a necessidade de alternativas nas práticas pedagógico-didáticas em prol de metodologias mais ativas no ensino-aprendizagem desse conteúdo, que contribuam para a formação voltada ao exercício da cidadania.

O segundo tópico aborda o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans na perspectiva de atuar como um tema gerador para a abordagem do conteúdo soluções no ensino médio, sob o enfoque CTSA. Situa-se o papel do jeans na região do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco para se destacar a importância e os efeitos do beneficiamento de jeans, particularmente do lançamento de efluentes contendo o corante índigo azul. Por fim, o terceiro tópico da fundamentação discute sobre as sequências didáticas centradas em atividades experimentais demonstrativo-investigativas para a abordagem do conteúdo soluções, com ênfase em CTSA, a partir do tema gerador tratamento de efluentes de lavanderias de jeans. Aborda-se sobre os elementos teóricos que caracterizam esse tipo de SD e se destaca possíveis vantagens de atividades experimentais envolvendo técnicas de descolorações oxidativas em efluentes de tinturarias de jeans.

### **2.1 A importância da abordagem do conteúdo soluções na química escolar**

A química tem se desenvolvido ao longo de toda história da humanidade. No entanto, acredita-se que ela se consolidou como ciência independente apenas ao final do século XVIII, a partir das contribuições dos trabalhos de grandes cientistas da época, destacando Lavoisier e Dalton (Chassot, 2014). Do ponto de vista organizacional, a ciência química tem se constituído a partir do desdobramento de suas atividades em quatro grandes áreas mais ampla: Inorgânica, Orgânica, Físico-Química e Analítica. Mól (2017) e outros autores corroboram do posicionamento que essas áreas possuem especificidades, ao mesmo tempo, complementam-se e não se justificam de forma isolada, principalmente quanto ao caráter epistemológico. De acordo com Leite e Lima (2015), considerando suas características nas composições dos

diferentes currículos, essas tradicionais áreas da química foram introduzidas como disciplina escolar no final do século XIX. Ainda segundo esses autores, dentro do sistema escolar brasileiro, somente a partir de 1931 a química começou a ser ministrada como disciplina regular. Portanto, o ensino de química nas escolas é uma ciência relativamente jovem e, com a reformulação da Educação Básica, por meio da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), em 1996, a química se consolida ainda mais como uma disciplina escolar do ensino médio.

Os currículos de química no ensino médio apresentam um número excessivo de conceitos, cujas inter-relações dificilmente são percebidas pelos estudantes (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). Como advertem os autores, a quantidade de conceitos/definições e procedimentos que são introduzidos a cada aula, a cada página da maioria dos livros didáticos, é muito grande. Os estudantes passam a usá-los mais de maneira mecânica, em problemas do tipo “exercício”. Tais aspectos geram dificuldades para que seja possível aos estudantes, em tão pouco tempo, compreender esses conceitos e ligá-los logicamente numa estrutura mais ampla que dê significado à aprendizagem da química. Conforme apontado por diferentes autores (Mortimer, 1988; Leite, 2013), esse tipo de tratamento acaba contribuindo para que os estudantes fiquem com a impressão de que a química se trata de uma ciência totalmente desvinculada da realidade, que requer mais memória do que o estabelecimento de relações.

As modificações educacionais propostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) preconizam uma reformulação do “Novo Ensino Médio”, no qual a química mantém a sua representatividade formativa, mas atrelada a uma significância mais aplicada e a um currículo mais enxuto (Brasil, 2018). Inseridas em um processo a ser gradativamente implantado nas escolas, as propostas pedagógico-didáticas têm o desafio de promover um tratamento diferentes para os conteúdos químicos. Objetiva-se que elas se voltem para além das abordagens tradicionalmente compartimentalizadas, conforme encontradas nos livros didáticos, nas quais há uma divisão em três grandes áreas: Química Geral, Físico-Química e Química Orgânica. Conforme destacaram Marcondes *et al*, (2014) esse movimento é desejado porque os conhecimentos químicos vinculados a estas três grandes áreas, e até mesmo dentro de cada uma delas, usualmente recebem um tratamento com pouca ou sem conexão entre si. Com isso, em geral, esses conteúdos findam sendo apresentados separadamente e suas (inter)relações não são abordadas no contexto escolar. Esse tipo de opção contribui para uma abordagem desconectada e estimuladora a ideia de um conhecimento descontextualizado.

Defende-se, tantos nos resultados de muitas pesquisas (Guimarães, 2009; Scafi, 2010; Wartha; Silva; Bejarano, 2013; Finger; Bedin, 2019) quanto na legislação educacional vigente (BRASIL, 2009, 2018), que o ensino de química de forma contextualizada pode proporcionar ao estudante uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos científicos. No entanto, como discutem Rosa e Tosta, (2005) a disciplina química nas escolas tem sido associada a um conjunto de premissas, atividades, materiais, documentos, ações pedagógicas, mas, mesmo ao tentarem seguir esse discurso, acabam deixando de lado a contextualização dos conteúdos e realidades dos estudantes.

Implementar a contextualização nas práticas pedagógico-didáticas é um desafio docente. O conceito de contextualização é polissêmico e vinculado a diferentes concepções pedagógicas, inclusive em se tratando do ensino de ciências (Kato; Kawasaki, 2007) e, particularmente, do ensino de química (Raupp; Reppold, 2020). Porém, assim como preconizado nos documentos oficiais da educação brasileira (Brasil, 1996, 1999, 2004, 2009, 2017), para muitos autores em Educação Química, a categoria contextualização está interligada com experiências individuais vivenciadas.

A contextualização do conteúdo também significa assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto, no qual, o estudante estará na posição de sujeito quando ele participará de forma ativa no processo de ensino e aprendizagem. Conforme é encontrado no PCNEM: “[...] o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo” (Brasil, 1999, p. 91). Acredita-se que a efetivação de proposta nesse sentido aconteça à medida que se consegue estabelecer relações entre o conteúdo formal ministrado em sala e o cotidiano do estudante; relações que podem ser explicadas ou solucionadas por meio da aplicação do conhecimento químico (Scafi, 2010).

Uma grande quantidade de conteúdos pode receber um tratamento contextualizado de modo a permitir-lhes a articulação entre as dimensões representacionais, conceituais, submicroscópicos e macroscópicos do conhecimento químico. De acordo com a proposta curricular elaborada por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), uma abordagem para as séries do ensino médio pode adotar módulos, que contemplem os aspectos conceituais e contextuais. O aspecto conceitual configura um conjunto de conceitos básicos nos três focos de interesse da Química - propriedades, transformações e constituição dos materiais e substâncias; o contextual se baseia nas principais atividades produtivas predominantes, tanto do contexto imediato dos estudantes quanto em outros contextos sociais, ambientais e

tecnológicos, que sejam relevantes. Dentre dessa perspectiva, associa-se uma potencialidade didática para o ensino-aprendizagem do conteúdo soluções.

Há um amplo leque de definições de soluções químicas. Russel (1994) indica que:

As soluções são definidas como misturas homogêneas e podem ser sólidas, líquidas e gasosas. Quando uma solução é muito rica em um componente, este componente é geralmente chamada solvente, enquanto os outros são chamados de solutos. A composição de uma solução pode ser expressa quantitativamente especificando-se as concentrações de um ou mais componentes. Várias unidades de concentração são importantes, incluindo a fração molar, a percentagem molar, a molaridade, a molalidade e a percentagem em massa (Russel, 1994, p. 555).

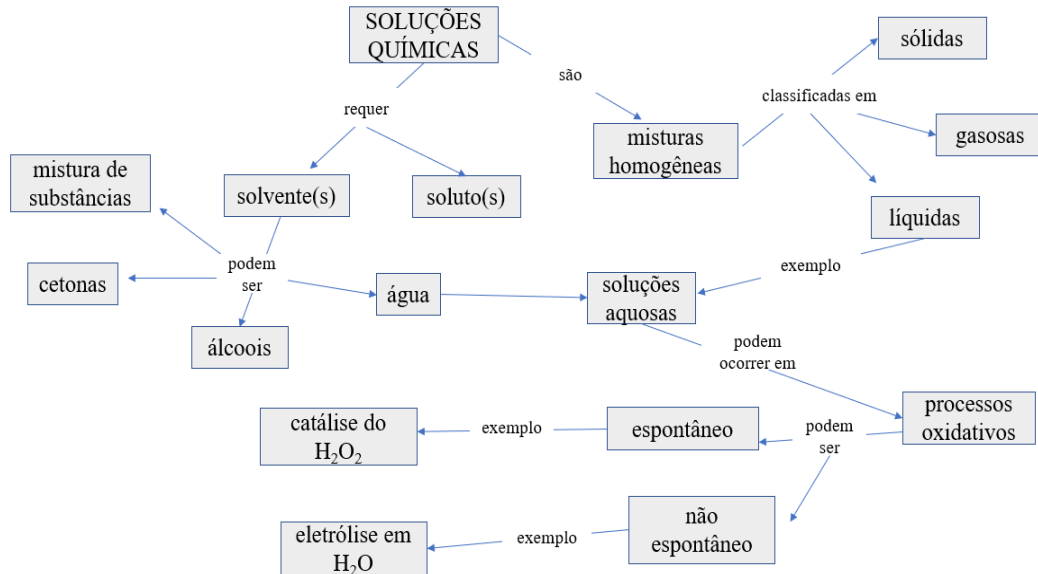
Para complemento, além da abordagem de Russel, quando a mistura é heterogênea podemos classifica-las em dispersões grosseiras ou coloidais; diferença entre elas está no tamanho das partículas na mistura (Silva; Nogara, 2018).

Nas soluções ocorrem interações entre as partículas (moléculas ou íons) do soluto com as do solvente (Carmo; Marcondes, 2008). As forças eletrostáticas que permitem interações entre essas partículas dão lugar a novas forças entre soluto e solvente, resultando na formação de uma solução. Nessa direção, Fermanian Neto e Silva (2019) reforçam que a composição de uma solução química é empregada por uma mistura de soluto e de solvente, podendo ser expressa por uma concentração, por meio da relação da quantidade de soluto contida em um determinado volume ou massa, de solução ou solvente.

As soluções estão entre os principais campos de estudos na química, particularmente na físico-química (Fermanian Neto; Silva, 2019). O interesse em torno desse conhecimento químico é amplo e estimulado por sua larga faixa de aplicação no funcionamento dos organismos vivos e em diferentes atividades humanas, como nos processos industriais, inclusive porque muitos produtos são comercializados como soluções e que a maioria das reações químicas ocorre em solução (Niezer, 2012). Tipos de soluções, processos para identificar e/ou separar os seus constituintes e critérios para estipular as suas concentrações têm sido alguns dos assuntos historicamente contemplados nos diferentes níveis de ensino de química. Particularmente no ensino médio, esse conteúdo expressa várias inter-relações com outros conceitos. Por exemplo, esse conteúdo é relevante para a compreensão de uma diversidade de conceitos tradicionalmente associados a outros conteúdos do currículo, como: propriedades coligativas, termoquímica, cinética química, equilíbrio químico, eletroquímica e reações químicas. Por sua relevância científica e pedagógico-didática, soluções tornou-se um tópico incorporado ao currículo químico. O mapa conceitual apresentado na figura 1 ressalta

algumas das relações entre o conteúdo soluções e outros conhecimentos químicos correlacionados.

**Figura 1** – Mapa conceitual relacionado ao conteúdo de soluções químicas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

O currículo é parte de uma tradição seletiva, que considera determinado conhecimento mais importante, em detrimento de outros. Portanto, conforme alertam Moreira e Candau (2003), o currículo não é meramente um conjunto neutro de conhecimentos, é fruto da expressão das relações sociais de poder. É nesse sentido que o conteúdo de soluções se incorpora no currículo, destacando a sua importância para compreensão de fenômenos e aplicação na sociedade, por meios de escolhas histórico-culturais ao longo do percurso do desenvolvimento da química.

Na química escolar, o conteúdo soluções é mais sistematizado e contemplado no ensino médio, sendo bastante destacado no 2º ano médio, característica que permanece vigente na estrutura da BNCC (2018). Para essa última etapa da educação básica, considera-se que o indivíduo já tenha adquirido maior maturidade para participar de atividades não só do ponto de vista conceitual, mas também procedimental e atitudinal. Com isso, espera-se que ele esteja psicologicamente mais maduro para se posicionar de forma mais crítica e ativa na construção do conhecimento e frente ao entendimento das problemáticas sociais relacionadas aos conteúdos estudados (Ferreira; Hartwig; Oliveira, 2010). Como já destacara Macedo (1999) há mais de duas décadas:

Até há pouco tempo, a grande questão escolar era a aprendizagem – exclusiva ou preferencial – de conceitos. Estávamos dominados pela visão de que conhecer é acumular conceitos; ser inteligente implicava articular logicamente grandes

ideias, estar informado sobre grandes conhecimentos [...] Este tipo de aula, insisto, continua tendo lugar, mas cada vez mais torna-se necessário também o domínio de um conteúdo chamado 'procedimental', ou seja, da ordem do saber como fazer. Vivemos em uma sociedade cada vez mais tecnológica, em que o problema nem sempre está na falta de informações, pois o computador tem cada vez mais o poder de processá-las, guardá-las ou atualizá-las. A questão está em encontrar, interpretar essas informações, na busca de solução de nossos problemas (Macedo, 1999, p. 8).

A importância pedagógico-didática do conteúdo soluções também é ressaltada por outra situação: a dificuldade apresentada por estudantes do ensino médio em determinados aspectos desse assunto, especialmente quanto à concentração. Fechine e Diógenes (2016) afirmam que, segundo os discentes, esse problema se deve à necessidade de uma maior utilização de cálculos matemáticos para realização de diluições e dissoluções, e para expressar as concentrações das soluções. Como destacara Echeverria (1996) no final do século passado, apesar de estar presente na vida das pessoas, o estudo de soluções remete ao conhecimento prévio de outros conceitos químicos, bem como, à aplicação de fórmulas e equações vinculadas à noção microscópica dos processos químicos. No entanto, ainda segundo essa autora, tais características acabam valorizando os aspectos quantitativos em detrimento dos aspectos qualitativos. Por isso, a abordagem desse conteúdo não deve se voltar apenas à memorização associada à resolução de problemas por meio da efetuação dos cálculos químicos que não fazem sentido algum para o estudante, tais como os cálculos de concentrações nas quais a relação entre conhecimento científico e aplicação prática na sociedade não é estabelecida. Contraditoriamente, apesar de se relacionar a distintos produtos e situações do cotidiano, há pouca efetividade quanto à aplicação dos conteúdos à realidade dos estudantes (Niezer; Silveira; Sauer, 2016).

Niezer (2012) propõem que, para uma melhor compreensão dos estudantes sobre esse conteúdo químico, torna-se necessário trazer para a sala de aula diferentes formas de apresentação dos conceitos sobre soluções em associação com ações da vida diária, extrapolando a sobrecarga do ensino voltado apenas para seu aspecto quantitativo. Destaque-se que tal opção não significa desconsiderar a importância da realização de cálculos químicos envolvendo concentrações de soluções, mas repensar essa limitação, em especial, porque o tema soluções se relaciona diretamente a diversas aplicações da química.

Diferentes aspectos do conteúdo soluções se associam a contextos variados, sejam globais, regionais ou locais, incluindo as situações vivenciadas pelas pessoas nos seus cotidianos. O ar atmosférico, as bebidas, muitos fármacos e objetos metálicos são exemplos que ilustram a presença de soluções, gasosas, líquidas e sólidas em contextos variados.

Adicionalmente, conceitos correlatos também são muito empregados no dia-dia, como é caso da dissolução (dissolver algo) e da diluição (diluir um dado volume em um volume maior).

Os documentos oficiais voltados ao ensino escolar de química, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (Brasil, 2002), trazem recomendações para que o ensino de química seja significativo para o estudante. Entre os fatores a serem desenvolvidos nessa direção, espera-se que o sujeito possa compreender os fenômenos da natureza e as transformações sociais aplicando o conhecimento científico/químico. Dentro dessa perspectiva, o conteúdo soluções traz a possibilidade de contribuir para o desenvolvimento de algumas das habilidades (saber-fazer) almejadas para os estudantes em relação às competências (conjunto de capacidades cognitivas) propostas para o ensino de química: i) representação e comunicação; ii) investigação e compreensão; iii) contextualização sociocultural. O quadro 1 exemplifica essa possibilidade de contribuição, destacando um conjunto com algumas dessas habilidades a serem desenvolvidas no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções, tomando-se por base a proposta dos PCN+ (Brasil, 2002).

**Quadro 1** - Habilidades a serem desenvolvidas no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções, com base nos PCN+ (BRASIL, 2002).

- Traduzir, em termos de quantidade de matéria (mol), as relações quantitativas de massa nas transformações químicas.
- Compreender as relações quantitativas de massa, de quantidade de matéria (mol) nas transformações químicas que ocorrem em soluções de acordo com suas concentrações e associá-las à estequiometria da transformação.
- Correlacionar dados relativos à concentração de certas soluções nos sistemas naturais a possíveis problemas ambientais.
- Estabelecer relação entre a estequiometria e o rendimento das transformações químicas, e prever, em função dessa relação, quantidades envolvidas nas transformações químicas que ocorrem na natureza e nos sistemas produtivos, industrial e rural.
- Propor procedimentos experimentais para conhecer as quantidades envolvidas e o rendimento de uma transformação química.
- Avaliar possíveis implicações das relações quantitativas nas transformações químicas que ocorrem nos sistemas produtivos, rural e industrial.

Fonte: Adaptado de PCN+ (Brasil, 2002).

É importante o estímulo ao desenvolvimento dessas habilidades no ensino médio envolvendo o conteúdo soluções químicas. Por meio da apropriação do saber-fazer, o estudante poderá aplicar seus conhecimentos não apenas no âmbito escolar. Por exemplo, o indivíduo poderá: i) tornar-se mais apto para compreender as relações de concentração das substâncias nas embalagens comerciais e, assim, escolher um produto mais adequado à finalidade que deseja; e ii) reconhecer e compreender determinados fenômenos, como a não

solubilização completa de uma substância sólida em água ou em outro solvente. Considerando os posicionamentos mais amplos para o ensino de química, habilidades nessa direção envolvendo o conteúdo soluções são recomendáveis, pois:

[...] é necessário que os cidadãos conheçam como utilizar as substâncias no seu dia-a-dia, bem como se posicionem criticamente com relação aos efeitos ambientais da utilização da química às decisões referentes aos investimentos que nessa área, a fim de buscar soluções para os problemas sociais que podem ser resolvidos com a ajuda de seu desenvolvimento (Santos; Schnetzler, 2003, p. 47-48).

Documentos educacionais estaduais também destacam a importância de abordagens do conteúdo soluções na escola, segundo é verificado nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio do Estado de Pernambuco. Como exemplo, tem-se a seguinte recomendação formativa para os estudantes: “[...] distinguir os diversos tipos de misturas, relacionar as quantidades de soluto e solvente ou solução, saber calcular as concentrações das soluções e reconhecer as propriedades coligativas das mesmas” (Pernambuco, 2013, p. 41). Considerando essa situação dentro de um contexto mais regional, o quadro 2 apresenta um conjunto de expectativas de aprendizagem, distribuídas nos eixos temáticos a serem desenvolvidas no ensino médio (preferencialmente no 1º bimestre dos 2º anos), em relação ao conteúdo de soluções químicas, dentro de um ensino-aprendizagem voltado às dimensões conceitual, procedimental e atitudinal (CPA) (Pernambuco, 2013).

**Quadro 2** – Alguns exemplos de expectativas de aprendizagem a serem desenvolvidas no ensino médio em relação ao conteúdo de soluções.

- EA10 - Reconhecer a solubilidade das substâncias, por meio de representação gráfica.
- EA11 - Prever a quantidade de determinada substância, que se dissolve em água, a partir dos valores de solubilidade, a uma determinada temperatura.
- EA31 - Reconhecer substâncias inorgânicas, tais como ácidos, bases, sais e óxidos, a partir de suas fórmulas e características.
- EA36 - Identificar o soluto como a substância em menor quantidade na solução e o solvente como a parte da solução, que dissolve o soluto.
- EA37 - Reconhecer as misturas coloidais como heterogêneas, tais como dispersões e emulsões.
- EA38 - Diferenciar a solução diluída da concentrada pela relação entre a quantidade de soluto e a quantidade de solvente.
- EA39 - Calcular a proporcionalidade entre a massa ou volume do soluto e a massa ou volume do solvente, em termos percentuais.
- EA40 - Calcular a concentração da solução dada pela quantidade em mol do soluto, em relação ao volume da solução em litros.
- EA41 - Compreender os procedimentos utilizados para efetuar cálculos de concentração das soluções em % e em g/L.
- EA42 - Compreender a relação entre a quantidade de matéria mol de soluto por volume de solução ou concentração mol/L.
- EA43 - Calcular a concentração de soluções em g/L, mol/L e % percentual, levando em consideração as informações sobre as massas molares e, também a densidade e o volume.
- EA44 - Interpretar informações contidas em rótulos de produtos, como medicamentos ou produtos de



limpeza constituídos por soluções
-----------------------------------

Fonte: Reorganização Curricular do Ensino Médio do Estado de Pernambuco (Pernambuco, 2020).

Verifica-se que esse tipo de proposta contida nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco também está em consonância com a BNCC. Por exemplo, na competência específica 1 da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias desse documento, destaca-se que:

[...] os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (Brasil, 2018, p. 554).

Nessa competência específica, é indicada a relevância de o estudante precisar de conhecimento científico para tomar decisões responsáveis na aplicação de um fenômeno natural ou de um processo tecnológico (industrial). Um detalhamento em tal direção pode ser exemplificado tomando-se como prioridade o desenvolvimento sustentável. Conforme a habilidade destacada no quadro 3, envolvendo o conteúdo soluções propostas nos organizadores curriculares da formação geral básica no ensino médio de Pernambuco, que traz a relação entre uma habilidade da área da BNCC, uma a habilidade específica dos componentes e os objetos desse conhecimento nos Parâmetros Curriculares de Pernambuco.

**Quadro 3** – As habilidades vinculadas aos objetos de conhecimento do conteúdo soluções.

HABILIDADE DA ÁREA BNCC	HABILIDADE ESPECÍFICA DOS COMPONENTES	OBJETOS DE CONHECIMENTO
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para <b>realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais</b> e a preservação da vida em todas as suas formas.	(EM13CNT101QUI02PE) Compreender os conceitos, princípios, leis e classificação das soluções, estabelecendo critérios qualitativos e quantitativos na investigação por um <b>desenvolvimento sustentável dos recursos naturais, atrelando esses conhecimentos a situações cotidianas e ambientais.</b>	Solubilidade e curva de solubilidade das substâncias, <b>soluções, tipos de soluções, concentração das soluções.</b> Misturas coloidais, dispersões, emulsões e propriedades coligativas. <b>Aspectos qualitativos e quantitativos bem como aplicações no dia a dia</b> , com foco em rótulos de produtos constituídos por soluções, alimentos industrializados, medicamentos ou produtos de limpeza na perspectiva de <b>consumo consciente e saudável.</b>

Fonte: Adaptado dos Parâmetros Curriculares de Pernambuco (Pernambuco, 2021, p. 268) (grifo nosso).

As habilidades vinculadas aos objetos de conhecimento do conteúdo soluções (quadro 3) recebe um tratamento indicativo que no ensino-aprendizagem não se deve abordar somente o aspecto conceitual, ou seja, também se requer uma abordagem procedimental e atitudinal. Adicionalmente, conforme proposições da área (Ferreira; Hartwig; Oliveira, 2010; Brasil 2017), a integração dessas três dimensões conceitual, procedimental e atitudinal (CPA) deve contribuir para o desenvolvimento da reflexão, do pensamento científico e crítico. Entre os objetivos em se operacionalizar propostas nessa direção, encontra-se a intenção de auxiliar o estudante a se melhor capacitar para tomar decisões responsáveis na busca pelo desenvolvimento sustentável, como também ajudá-lo a propor alternativas para combater as consequências do uso desenfreado dos recursos naturais e seus impactos multidimensionais (ambiental, econômico, social) (Machado; Sousa; Silva, 2022).

Outro indicador da importância da abordagem do conteúdo soluções na escola é a sua inclusão no conjunto de objetos de conhecimento contemplados na matriz do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Nesse instrumento integrador do sistema educacional do ensino médio, soluções está inserido dentro do contexto da água (Brasil, 2009a, p. 20-21), conforme indicado no quadro 4.

**Quadro 4** – Abordagem do conteúdo soluções químicas na Matriz de Conhecimentos do ENEM.

*Água - Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em Solução Aquosa: Soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções. Ácidos, Bases, Sais e Óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e base. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.*

Fonte: Matriz de conhecimentos do ENEM (Brasil, 2009a, p. 20-21) (grifo nosso).

A presença do conteúdo soluções na matriz curricular do ENEM reforça a relevância formativa desse conteúdo, uma vez que esse exame se consolidou como instrumento avaliador da etapa final do sistema escolar brasileiro. Ao mesmo tempo, a presença desse conteúdo nas questões das provas da área de Ciências da Natureza acaba por incentivar a sua inserção nas práticas docentes, uma vez que o ENEM atua como um dos principais agentes definidores de currículos nas escolas (Maceno *et al*, 2011).

As discussões acima realizadas destacam a importância desse assunto no currículo do ensino médio. Ao mesmo tempo, as recomendações contidas em documentos educacionais oficiais e em resultados de pesquisas da área ressaltam a necessidade de estratégias no seu ensino-aprendizagem voltadas a um ensino contextualizado (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Por exemplo, de modo diferente dos antigos exames de vestibulares, as concepções orientadoras da prova do ENEM contribuem para uma proposta na qual se espera que o estudante, dentro das competências desenvolvidas ao longo do ensino médio, mobilize habilidades para solucionar os problemas do dia-dia, por meio da aplicação do conhecimento científico (Silva; Souza, 2019). Desse modo, as estratégias didáticas nas aulas de química precisam considerar essa necessidade.

As estratégias didáticas propostas para o ensino do conteúdo de soluções por meio de um ensino-aprendizagem contextualizado devem atribuir mais significado ao conteúdo químico estudado, ao mesmo tempo, estimular o estudante a vivenciar experiências nos três níveis de compreensão do conhecimento químico: fenomenológico, teórico e representacional (Ferreira, 2015). Para tanto, sugere-se também a efetivação de atividades centradas no estudante, que lhe possibilite a apropriação de conceitos científicos, por meio o desenvolvimento de sua autonomia e capacidade de tomar decisões, de avaliar e de resolver problemas (Sousa; Rocha; Garcia, 2012).

Uma das possibilidades para viabilizar propostas nessa direção tem se dado pela proposição de abordagens temáticas nas quais a contextualização esteja direcionada ao interesse mais próximos dos estudantes, em suas comunidades. No caso dos estudantes de escolas localizadas no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco, entre as temáticas de grande interesse regional, encontra-se o tratamento de efluentes das lavandarias de jeans, que envolve uma pluralidade de relações com o conteúdo soluções.

## **2.2 O tratamento de efluentes de lavanderias de jeans: um tema gerador para a abordagem do conteúdo soluções no ensino médio, sob o enfoque CTSA**

A lógica da organização do conteúdo por temas, no ensino-aprendizagem em ciências particularmente na química, tem sido proposta por diferentes autores (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000; Auler, 2007; Marques *et al*, 2007; Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009). Nessas configurações curriculares, os temas envolvem “[...] a cultura, as situações problemáticas vividas, os desafios enfrentados pela comunidade local” (Auler, 2007, p. 176). Em tais perspectivas, os temas selecionam os conteúdos de ensino das disciplinas, ou seja, os conceitos científicos passam a ser subordinados ao tema.

A organização temática busca viabilizar uma interação entre o discurso científico da química e o discurso cotidiano, enfatizando-se a abordagem de apenas alguns conceitos fundamentais, mostrando a sua inter-relação e sua aplicação a problemas sociais, tecnológicos

e ambientais (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). A vinculação do conteúdo a um determinado tema também busca proporcionar a uma forma flexível de abordagem, adaptável às condições dos estudantes e ao trabalho do professor.

Um ensino-aprendizagem químico mais contextual implica em fazer com que o contexto que organize a estrutura de abordagem, ou seja, os desdobramentos conceituais. Por isso, o conteúdo precisa ser bem dimensionado em relação à quantidade de conceitos a serem abordados (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). Conforme atentam Mortimer e Machado (2002), tratada dessa forma, a abordagem de conceitos ligados aos contextos de aplicação não precisa, necessariamente, seguir uma cadeia linear de pré-requisitos, pois a realidade não se estrutura dessa maneira. Além disso, os conceitos podem ser abordados em diferentes momentos e em distintos níveis de profundidade. Como propõem Guimarães (2009), os conceitos devem emergir, submergir e emergir novamente em diferentes momentos do currículo, ou seja, não são esgotados em um único momento ou grupo sequencial de aulas. Esse movimento vai contribuir para um aprofundamento progressivo, mais próximo à realidade dos fenômenos e das aplicações da química. Um exemplo nessa direção está apresentado na figura 1, indicada anteriormente, que traz um mapa conceitual de uma proposta envolvendo alguns conceitos a serem mobilizados para compreensão do conteúdo de soluções químicas.

A opção por abordagens temáticas implica na necessidade que o discurso científico faça sentido aos estudantes, de tal modo que a aprendizagem química vá além de se aprender o conteúdo químico. Quanto a esses aspectos, Santos e Mortimer (2000) destacam que:

[...] o estudo de temas, (...) permite a introdução de problemas sociais a serem discutidos pelos alunos, propiciando o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Para isso, a abordagem dos temas é feita por meio da introdução de problemas, cujas possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas, surgidas a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais. (Santos; Mortimer, 2000, p. 13).

Uma das formas de atingir esse objetivo está na implantação de modos de se problematizar as ideias informais e de criar contextos que lhes sejam significativos. Desse modo, os conceitos químicos passam ser diretamente relacionados aos contextos de aplicação.

Há propostas temáticas baseadas em uma diversidade de referenciais. No entanto, algumas abordagens planejadas para o ensino de ciências fundamentadas na pedagogia de Paulo Freire (2005), por meio do uso de “temas geradores” têm sido consideradas experiências exitosas (Tozoni-Reis, 2006). Esse tipo de concepção tem estimulado à

realização de muitas intervenções didáticas no ensino-aprendizagem de química, inclusive associada à pesquisa educacional (Miranda; Pazinato; Braibante, 2017).

A pedagogia freiriana concebe o termo educar como um ato de conhecimento da realidade presente, das situações vividas, ou seja, um processo de aproximação crítica da própria realidade do estudante (Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009). Nesse sentido, Freire defende que a conscientização do indivíduo ocorre por meio do diálogo, aproximando-o da sua realidade, dentro de uma proposta de educação libertadora.

É na realidade mediatizadora, na consciência que dela tenhamos, educadores e povo, que iremos buscar o conteúdo programático da educação. O momento deste buscar é o que inaugura o diálogo da educação como prática da liberdade. É o momento em que se realiza a investigação do que chamamos de universo temático do povo ou o conjunto de seus temas geradores. (Freire, 2005, p. 101).

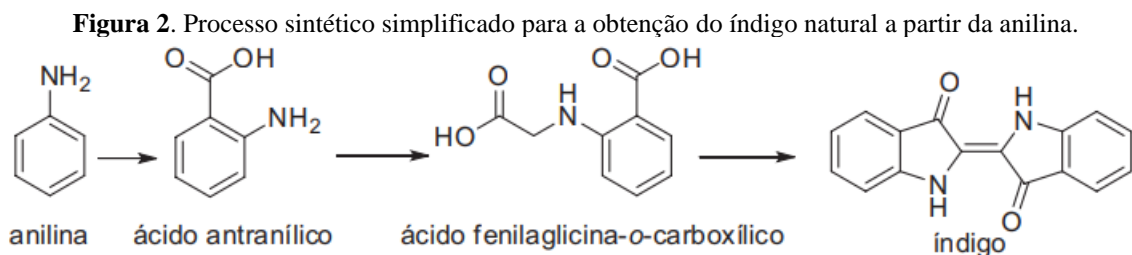
O tema gerador na perspectiva freiriana só pode ser compreendido nas relações homens-mundo, pois, entende-se que não há o isolamento dos homens com a realidade, nem tampouco a realidade é separada dos homens (Freire, 2005). Além disso, a utilização dos temas geradores da pedagogia tem caráter político. Os temas só são geradores de ação-reflexão-ação se forem carregados de conteúdos sociais e políticos, com significado concreto para a vida dos educandos (Tozoni-Reis, 2006). Segundo esse tipo de concepção, as ações pretendidas se relacionam ao ato de compreender, refletir, aguçar o senso crítico e agir para as tomadas decisões (Tozoni-Reis, 2006). Por isso, propõe-se que o diálogo seja o principal método realizado nas abordagens com uso de temas geradores. Adicionalmente, essa dialogicidade deve ocorrer de forma radicalmente democrática e participativa.

Delizoicov (1991) traz uma interpretação sobre os temas geradores, com base nas proposições freirianas. Para esse autor, o tema gerador resulta de um processo denominado de investigação/redução, que pode ser aplicado em cinco etapas: *i) levantamento preliminar*: faz-se um levantamento das condições da localidade, e realiza-se a “primeira aproximação” dos indivíduos em uma conversa informal; *ii) análise das situações e escolha das codificações*: constitui-se a escolha de situações a partir das contradições/problemas vividas e a preparação de suas codificações; *iii) diálogos descodificadores*: abarca-se de uma discussão problematizadora (equipe interdisciplinar) das temáticas contidas nas codificações, portanto, nesse processo obtêm-se os temas geradores; *iv) redução temática*: consiste na elaboração do material didático (equipe interdisciplinar), onde, identificam-se e selecionam-se os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas geradores. Os conteúdos são articulados, relacionando-se em torno desses temas (Auler, 2007); *v) trabalho em sala de aula*: aplicação do material didático.

Variados temas geradores têm sido contemplados em experiências didáticas desenvolvidas no Brasil para a organização escolar dos conteúdos químicos com base em contextos. Considerando as características das recomendações freiriana, a produção e comercialização de jeans no Polo Têxtil também carrega em si uma potencialidade de atuar como um tema gerador nessa direção. Em especial, para a abordagem de conteúdos químicos escolares que se relacionem com situações e problemas do cotidiano, que sejam de grande relevância para as comunidades escolares do Agreste Setentrional de Pernambuco (Cabral; Marcelino Jr., 2022) e, particularmente em relação ao conteúdo soluções, quanto ao tratamento dos efluentes lançados pelas lavanderias que processam tecidos e peças de vestuários de jeans.

O Agreste Pernambucano detém o maior produtor de jeans no Brasil. Atualmente, cerca de 19 municípios compõem o polo, sendo Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru os principais produtores (Silva *et al*, 2020). No local, cerca de 800 milhões de peças de vestuário são produzidas anualmente, tanto para o comércio nacional quanto para o internacional (Souza, 2012). Toritama, situada a uma distância de 167 km do Recife e conhecida como a capital do jeans, é o maior polo de confecção “jeanswear” do Brasil (Silva Filho *et al*, 2021).

O jeans é um tecido feito de algodão tingido por um corante, normalmente um corante azul, o índigo, também conhecido como anil (Carvalho, 2009). Inicialmente, o índigo era extraído de plantas do gênero *Indigofera* (família: Leguminosae), mas sua síntese comercial foi viabilizada e ele passou a ser produzido industrialmente, a partir da oxidação da anilina (Zaoni; Yamanaka, 2016).



Fonte: Munchen et al., 2015.

As roupas de jeans fazem parte da vida de pessoas de diferentes faixas etárias, classes sociais, etnias e religiões do Planeta. No início da sua utilização comercial, por causa da sua alta resistência e do valor acessível da sua produção, a finalidade principal desse tecido era destinada à cobertura para tendas e vagões de trens (Catoira, 2006). No entanto, rapidamente,

ele passou a servir de matéria-prima de vestimentas de mineradores e de operários de fábricas, especialmente nos Estados Unidos (Carvalho, 2009). O passar do tempo contribuiu para que a versatilidade do jeans se difundisse pela indústria da moda. Em pouco tempo, as peças ganharam popularidade e se espalharam pelo Planeta.

A produção mundial de jeans é altíssima e o Brasil ocupa destaque no setor, sendo considerado referência na produção e um dos principais consumidores (Munchen *et al*, 2016). No Polo de Confeções do Agreste Pernambucano, a produção e comercialização de roupas de jeans se iniciaram em meados da década de 1950, a partir da produção artesanal em Santa Cruz do Capibaribe, que era distribuída nas feiras populares tradicionalmente realizadas nas cidades da região (Rangel; Corteletti, 2022). Sob essa influência, na década de 1980, o município vizinho, Toritama ingressou na produção de jeans para sair da crise que impactou a economia local por afetar frontalmente a principal atividade produtiva até então, a produção de calçados (SEBRAE, 2019). A partir desse momento, desenvolveu-se toda uma cadeia produtiva em torno do beneficiamento do jeans que, apesar de ainda contar com grande informalidade, é responsável pela geração de emprego e renda para os habitantes dos municípios que englobam o Polo Têxtil do Agreste.

O beneficiamento de jeans em Toritama aloca mais de 3 mil empresas de confeções desses produtos e mais de 50 lavanderias industriais, de onde saem aproximadamente 15% de todo jeans produzido no Brasil (SEBRAE, 2019). Nas lavanderias são realizados diferentes processos, que incluem a lavagem, a amaciagem, o tingimento e a descoloração do jeans (Cometti *et al*, 2016).

Os processos realizados nas lavanderias são importantes tanto para a qualidade do tecido quanto das peças em jeans e incluem diferentes tipos de tratamentos. Inicialmente, almejando-se um melhor conforto, passou-se a amaciar esse tecido em lavagem simples, sem grandes alterações na aparência, priorizando modificações nas propriedades físicas do tecido para melhoria do padrão de modelagem (Costa; Rocha, 2009). Posteriormente, agregaram-se outros tratamentos com a utilização de mais produtos químicos, como tensoativos, amaciantes, corantes e alvejantes. No entanto, é preciso um controle na utilização dessas técnicas, pois, muitos destes métodos modificam a fibra ou o entrelaçamento dos fios, resultando no encolhimento do tecido ou fazendo com que ele ceda em demasia com o uso (Pereira, 2018). Tempos depois, percebeu-se a necessidade de desbotamento químico, com o intuito de diminuir a quantidade de corante no tecido porque, quando estava em maior quantidade, ele provocava manchas azuis em roupas íntimas, banco de carros etc. Para obter esses efeitos, é necessário usar alvejantes no processo, que também pode ser associado com

etapas com a utilização de pedras (Oliveira, 2008). Alguns desses tratamentos são realizados com tecido; outros, como aspectos de desgastes, são aplicados com as peças já confeccionadas.

A atividade do jeans no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco tem notadamente interferido a oferta d'água, uma questão sensível na região. As etapas convencionais do beneficiamento do jeans são caracterizadas pelo alto consumo de água e consideradas potencialmente negativas à saúde humana, por causa da toxicidade das substâncias envolvidas (Silva; Ribeiro; Menelau, 2021). O amplo emprego desse tipo de substâncias e a operação em áreas molhadas, e com altas temperaturas, resultam que as atividades desempenhas nas lavanderias têxteis sejam consideradas insalubres (Buss *et al*, 2015). Outro aspecto negativo associado a essa atividade reside no fato de os efluentes e os resíduos resultantes dos procedimentos de lavagem e tingimento do jeans contribuírem para a poluição de corpos hídricos e do solo (Kunz *et al*, 2002). Conseqüentemente, essas lavanderias têxteis têm colaborado de forma significativa para a deterioração ambiental, especialmente dos locais onde estão instaladas.

O Agreste Setentrional de Pernambuco apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Trata-se de uma região historicamente afetada por problemas de escassez de água, fator que se constitui um forte entrave à subsistência da população e ao desenvolvimento socioeconômico (Francisco, 2021). A vegetação da caatinga e o solo pedregoso são algumas características naturais que contribuem para o agravamento da questão hídrica local. No entanto, além do alto consumo de água pelo setor, o descarte inadequado dos rejeitos das lavanderias tem gerado grande impacto e aumentado os problemas ambientais sobre os corpos d'água - as escassas fontes aquáticas da região - como o rio Capibaribe (Cometti *et al*, 2016)).

O rio Capibaribe nasce entre as cidades de Jataúba e Poção, no município do Brejo da Madre de Deus, na divisa de Pernambuco com a Paraíba, escoar por vários centros urbanos e deságua no Oceano atlântico, no Recife. Seu curso tem cerca de 250 quilômetros e sua bacia, aproximadamente, 7.454 km<sup>2</sup> (Bione *et al*, 2009). Além de transportar os efluentes produzidos pela população e indústrias da região até o Oceano Atlântico, ele banha 43 municípios pernambucanos, sendo os principais: Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Limoeiro, Paudalho, São Lourenço da Mata e o Recife (Araújo Jr., 2021).

O rio Capibaribe corta perímetros urbanos densamente povoados do Agreste de Pernambuco, em cidades como Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. Apesar de receber descargas distintas de outras atividades, como os descartes de efluentes do consumo



humano e da agricultura, os efluentes das indústrias têxteis estão entre os maiores poluidores, por causa do grande volume e da diversidade na composição química das águas descartadas (Cometti *et al*, 2016). Mais preocupante ainda é que parte dos rejeitos das lavanderias são lançados de forma clandestina para os corpos hídricos, sem qualquer tratamento, por falta de infraestrutura adequada das empresas do setor e pela ineficiência de fiscalização por parte do sistema de coleta e de tratamento de água de abastecimento público (Cometti *et al*, 2016).

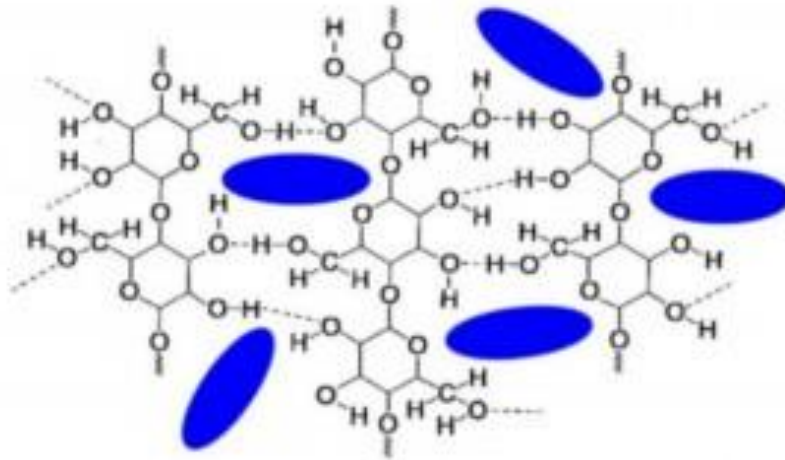
Esforços de órgãos públicos, principalmente a partir de 2004, estimularam a adoção de um programa de controle ambiental por parte dos proprietários das lavanderias, visando a melhoria da qualidade ambiental no município (Cometti *et al*, 2016). No entanto, além da presença de estabelecimentos irregulares, verifica-se em algumas lavanderias o descumprimento das exigências estabelecidas nas licenças ambientais.

São poucas as empresas que se preocupam em tratar seus efluentes corretamente (Schulte; Lopes, 2008). Muitos empresários do setor relutam em adotar métodos de cuidados ambientais alegando a incidência em custos extras (Bezerra; Monteiro, 2009). Também pouco investem em medidas voltadas à redução de água. Com isso, acabam por correrem riscos financeiros associados a ausências de práticas adequadas, por exemplo, ao aumentarem: o custo com o consumo d'água, a possibilidade de acidentes, os prejuízos com matérias-primas e as multas decorrentes de agressões socioambientais (Bezerra; Freitas, 2013).

Os efluentes têxteis são soluções aquosas que necessitam de tratamentos químicos, físicos e/ou biológicos antes de serem lançados nos corpos d'água, para que sejam minimizados os impactos ambientais (Peixoto; Marinho; Rodrigues, 2013). No caso do processo envolvido no beneficiamento dos jeans, as águas residuais das lavanderias necessitam de tratamentos para remoção de diferentes impurezas.

Os corantes utilizados para tingimento estão entre os principais poluentes descartados pelas lavanderias (Cabral; Marcelino Jr., 2021). Nas lavanderias de jeans, a grande preocupação é o descarte do índigo. Diferente da maioria dos corantes, o índigo se fixa na celulose de maneira mecânica e não química, conforme ilustrado na figura 3.

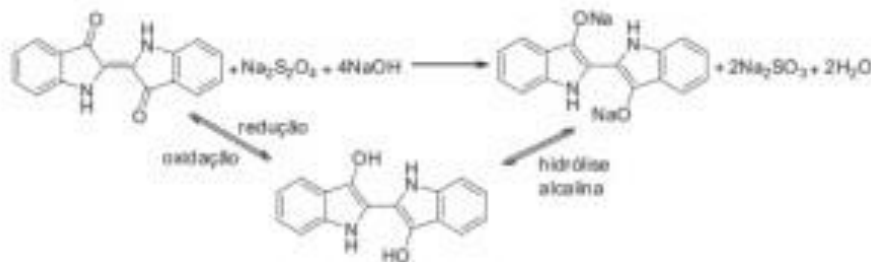
**Figura 3.** Ilustração simplificada para a localização de moléculas de índigo na coloração da fibra de algodão, por meio de interações com as cadeias de celulose.



Fonte: Munchen *et al.*, 2015.

O índigo é um composto insolúvel em água, mas a redução dos grupos cetônicos (C = O) presentes em sua estrutura química resulta em uma forma quimicamente reduzida (C – OH), que se torna solúvel. Este processo ocorre por meio da redução do índigo (azul) a leucoíndigo (amarelado), para sua solubilização em água. Essa forma leuco possui grande afinidade pela fibra de celulose. Depois, ao longo do processo, com a exposição ao ar, ocorre a reoxidação do índigo, retornando sua cor original, o azul. A figura 4 ilustra esse processo de oxirredução do índigo no tingimento de fibras de celulose.

**Figura 4.** Reação de oxirredução do índigo.



Fonte: [http://www.petquimica.ufc.br/a-quimica-da-calca-jeans/#:~:text=O%20tecido%20C3%A9%20feito%20de,H1005\)n](http://www.petquimica.ufc.br/a-quimica-da-calca-jeans/#:~:text=O%20tecido%20C3%A9%20feito%20de,H1005)n).

Uma das preocupações quanto aos efluentes têxteis reside no fato de um percentual de corante não se fixar ao tecido ao longo o processo de tingimento; estima-se que cerca de 20% a 50% desses produtos seja perdido (Zanoni; Yamanaka, 2016). Ademais, mesmo que esteja presente em baixas concentrações em um efluente, esse resíduo resulta em acentuada mudança de coloração na água, provocando problemas bioquímicos e estéticos aos corpos d'água, como córregos, rios e lagos (Faccioli; Barbosa; Neto, 2020). A figura 5 ilustra a

contaminação da água de córregos em Toritama, pelo lançamento de efluentes por lavanderias de jeans, sem tratamento. A cor azul é o indicativo da presença do índigo.

**Figura 5** – Poluição de córrego em Toritama, causada pelo lançamento de água residuais não tratadas contendo o corante índigo, provenientes das lavanderias de jeans.



Fonte: <https://ferdinandodesousa.com/2017/09/15/capibaribe-o-7-rio-mais-poluido-brasil/>

A temática “efluentes de lavanderias de jeans” traz uma potencialidade para o desenvolvimento de propostas mais centradas nos contextos de vivência social, ambiental e tecnológica dos estudantes da região. Nesse caso, uma possibilidade é incluir a abordagem temática dentro de perspectivas de ensino-aprendizagem associadas ao enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

O movimento Ciência e Tecnologia (CT) surgiu a partir dos meados século XX nos países capitalistas centrais, América Latina e África, onde as populações estavam insatisfeitas com o desenvolvimento do bem-estar social (Auler; Delizoicov, 2006). Passou a ser objeto de debate político que CT iria, necessariamente, resolver problemas ambientais, sociais e econômicos (Auler, 2007). Preocupações ambientais surgidas com o crescimento das indústrias, com a degradação ambiental, com os resíduos contaminantes, e com a bomba atômica e com os acidentes nucleares estimularam a participação de maior número de atores sociais, à medida que provocaram maiores reivindicações do público para a adoção de decisões mais democráticas e menos tecnocráticas (Auler; Delizoicov, 2006).

De acordo com Von Linsingen (2007), o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surgiu na década de 1960, associado a três principais campos: 1 - pesquisa acadêmica -

seguindo uma mudança da concepção de ciência e tecnologia e sua relação com a sociedade, com destaque para críticas ao positivismo; 2 - políticas públicas, com a promoção de maior participação da população sobre questões sociais, envolvendo ciência e tecnologia; 3 – educação voltada à formação de cidadãos aptos para compreender e controlar o desenvolvimento científico e tecnológico com a defesa de programas e currículos orientados para as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Apesar de esse movimento não ter sua origem no contexto educacional, as reflexões cresceram também nessa área, por se entender que a escola é um espaço adequado para as transformações acontecerem (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2009). Como destaca Merchán (2011), pretende-se que as situações que contextualizam os conteúdos científicos contribuam para o aumento do interesse e o reconhecimento da importância desses conteúdos pelos estudantes para a solução de problemas do seu próprio cotidiano.

Alguns autores, como Vilches, Gil-Pérez e Praia (2011), têm defendido a inclusão do “A”, de ambiente, no enfoque CTS, resultando na expressão CTSA. Argumentos nessa direção defendem não ser suficiente assumir que considerações sobre o ambiente já estão diretamente presentes quando se fala da sociedade. Por isso, mais recentemente, em especial entre os autores que demonstram preocupação com a gravidade da crise ambiental planetária, a inclusão explícita de uma dimensão ambiental nos estudos que relacionam ciência, tecnologia e sociedade passou a ser mais defendida (Pedretti; Forbes, 2000; Vilches; Gil-Pérez; Praia, 2011).

A educação sob a perspectiva do movimento CTSA, a educação CTSA busca alcançar um ensino mais humanitário e menos tecnocrático, a partir de maior contextualização e criticidade, em especial no âmbito da educação científica e tecnológica (Auler; Bazzo, 2001; Auler; Delizoicov, 2006; Von Linsingen, 2007). Pedretti e Nazir (2011) destacam a existência de uma diversidade de abordagens sob o rótulo de CTSA, seja do ponto de vista do foco, dos objetivos da educação científica, das abordagens dominantes e/ou das estratégias. Apesar de suas particularidades, o enfoque da educação CTSA em todas as suas vertentes tem permitido uma melhor compreensão dos papéis de professores e dos estudantes na educação científica. De modo geral, elas têm combatido os “mitos do cientificismo” (Conrado; Conrado, 2016a; Santos; Mortimer, 2000), voltando-se ao desenvolvimento de atitudes e valores, correspondentes à compreensão da ciência como uma atividade cultural (Pérez; Lozano, 2013) e possibilitado a integração explícita de aspectos éticos e políticos no ensino de ciências (Conrado; El-Hani, 2010; Conrado; Conrado, 2016b).

As diretrizes educacionais para o ensino médio, propostas a partir de da LDB/96 (Brasil, 1996), também vêm incluindo recomendações de desenvolvimento de estratégias pedagógico-didáticas em CTSA, conforme verificado na BNCC (Brasil, 2018). Credita-se que abordagens temáticas pautadas nesse enfoque podem se constituir em interessantes possibilidades para a caracterização da função social da química, com foco nas implicações e aplicações que fazem parte do cotidiano dos estudantes (Niezer; Silveira; Sauer, 2016). Santos e Mortimer (2000) (embora utilizem a notação CTS) consideram que os currículos desenhados nessa direção passam a ter o objetivo central de “[...] preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social” (Santos; Mortimer, 2000, p. 1). No entanto, esses autores também destacam a necessidade de serem contempladas as discussões pautadas nas concepções de cidadania, modelo de sociedade e desenvolvimento tecnológico, relacionando-as à situação socioeconômica e aos aspectos culturais do nosso País.

Outro ponto destacado, conforme trazem Ferreira *et al.*, (2018), está na relação do ensino de Química baseado em uma abordagem nessa direção ter como objetivo principal a alfabetização sociocientífica e tecnológica na formação dos estudantes. Com isso, intenciona-se capacitá-los quanto à criticidade, ao desenvolvimento de atitudes, valores e tomada de decisões de forma participativa na sociedade. Sentido similar é destacado por Santos e Mortimer (2000):

As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas a sua produção e comercialização. Por exemplo, poderia ser considerado pelo cidadão, na hora de consumir determinado produto, se, na sua produção, é usada mão-de-obra infantil ou se os trabalhadores são explorados de maneira desumana; se, em alguma fase, da produção ao descarte, o produto agride o ambiente; se ele é objeto de contrabando ou de outra contravenção, etc. Certamente o cidadão não tem acesso a todas essas informações, mas refletir sobre tais questões significa mudar a postura em relação ao consumo de mercadorias, pois, em geral, na maioria das vezes, a decisão entre consumir um ou outro produto é tomada em função de sua aparência e qualidade, e quase nunca são considerados os aspectos sociais, ambientais e éticos envolvidos na sua produção. Considerações de tal ordem poderiam, por exemplo, resultar na diminuição, a longo prazo, do consumo de embalagens descartáveis, de produtos que agridem a camada de ozônio, etc., forçando uma reformulação drástica nos processos de fabricação (Santos; Mortimer, 2000, p. 5 e 6).

Desse modo, percebe-se o direcionamento também para um ensino-aprendizagem de química que contribua para a formação de cidadãos críticos e comprometidos com a sociedade.

Viabilizar estratégias nessa direção é um desafio para os docentes. No entanto, há diferentes experiências exitosas e sugestões, indicadas por professores e pesquisadores da área. Por exemplo, Firme e Amaral (2011) relacionam alguns aspectos importantes para os professores mencionarem na sala de aula em abordagens desse tipo, tais como: i) veicular concepções de ciência, tecnologia, sociedade e as suas inter-relações; ii) enfatizar não apenas dimensões conceituais no processo ensino-aprendizagem, mas também procedimentais e atitudinais; e iii) efetivar a construção de uma visão de mundo para a formação de cidadãos críticos, articulada com o contexto das aplicações científico-tecnológicas e suas respectivas implicações ambientais, sociais, políticas e econômica. Adicionalmente, essas autoras fazem uma crítica do modo que, em geral, essas dimensões são tratadas. Por exemplo, muitas vezes, a tecnologia é entendida somente pelo aspecto técnico (utilização dos instrumentos, ferramentas e máquinas). No entanto, para Firme e Amaral (2011), é necessária uma compreensão dos aspectos organizacionais e culturais para que o cidadão perceba, posicione-se e até interfira quanto às formas nas quais a tecnologia está inserida em seu cotidiano. Nessa direção, Mortimer, Machado e Romanelli (2000) destacam que “a Química pode fornecer ao aluno instrumentos de leitura do mundo e, ao mesmo tempo, desenvolver certas habilidades básicas para ele viver em sociedade”.

A expressão CTSA faz referências tanto com os fatores socioambientais que influenciam a mudança científico-tecnológica quanto com as consequências sociais e ambientais. No entanto, algumas abordagens CTS(A) exploram a dimensão científica de tal modo que acabam causando um detrimento no viés tecnológico. Conforme ressaltado por Mitcham (1994), a importância da tecnologia na abordagem CTS também precisa ser destacada nas práticas docentes. Para esse autor, há muitas vantagens em nivelar as dimensões científicas e tecnológicas, pois, a tecnologia se apresenta, por exemplo, em: i) artefatos/produtos - os instrumentos utilizados na ação (objetos, materiais); ii) Tipo de conhecimento (conhecimento tecnológico) que podem ser articulados aos conhecimentos científicos- aqueles que estabelecem uma relação simbiótica com a ciência, ou seja, são os conhecimentos necessários à produção e ao manuseio dos artefatos (receitas, regras, teorias); iii) atividade humana - transformação da realidade (natural e social) estabelecida na sociedade (design, construção e uso); iv) volição - contribuição para o desenvolvimento de uma consciência tecnológica, ou seja, saber usar a tecnologia e compreender suas consequências (Cupani, 2016).

A perspectiva de uma abordagem de ensino CTSA tendo por temática as lavanderias de jeans pode trazer à memória, rapidamente, diferentes aspectos científicos, tecnológicos,

sociais e ambientais envolvidos nessa atividade. Apesar de a associação aos fatores tecnológicos dessa atividade normalmente serem mais vinculados aos processos envolvidos nas etapas de beneficiamento do jeans (lavagem, amaciagem, tingimento e descoloração), eles também são fundamentais para a compreensão e o posicionamento dos sujeitos quanto à necessidade de tratamento dos efluentes gerados.

Diferentes autores, como Santos e Mortimer (2000), vêm destacando ao longo das últimas décadas que não adianta apenas inserir temas sociais no currículo se não houver uma mudança significativa na prática e nas concepções pedagógicas dos professores. Entre as opções para abordagens temáticas sob a perspectiva CTSA, recomenda-se o desenvolvimento de práticas pedagógico-didáticas que estimulem uma atitude investigativa para solução de problemas, mobilizando habilidades, no sentido de colocar os estudantes em um papel de sujeito mais ativo e mais crítico na sociedade (Safi, 2010).

### **2.3 Sequências didáticas centradas em atividades experimentais demonstrativo-investigativa problematizadora para a abordagem do conteúdo soluções, com ênfase em CTSA, a partir do tema gerador tratamento de efluentes de lavanderias de jeans**

No início da segunda metade do século XX ocorreu uma crescente valorização das atividades experimentais no ensino de Ciências através de projetos nas escolas norte-americanas e inglesas. A chegada desses projetos no Brasil, na década de 60, estimulou a reforma do ensino de ciências, valorizando seu aspecto de ciência experimental, conforme observado na química (Gonçalves; Marques, 2012).

A química, por ser uma ciência abstrata, faz com que a atividade experimental contribuía decisivamente para que uma correta compreensão do sentido de conceitos e de seus vários temas seja alcançada pelos estudantes (Leal, 2009). Por isso, vantagens quanto à inclusão de atividades experimentais no ensino escolar de química têm sido citados por diferentes autores (Andrade; Viana, 2017; Carvalho, 2013; Suart; Marcondes, 2009; Brasil, 2006; Giordan, 1999). Entre os aspectos positivos normalmente elencados, destacam-se: i) despertar o interesse dos estudantes pela investigação dos fenômenos da natureza; ii) potencializar oportunidade de discussão e resolução de problemas do cotidiano; iii) colaborar na construção de conceitos cientificamente corretos integrados com conteúdo procedimentais e atitudinais; e iv) despertar a curiosidade e o desenvolvimento do pensamento crítico (Guimarães, 2009; Marcondes *et al*, 2009). No entanto, apesar das vantagens apontadas, continua-se verificando que essas atividades ainda são pouco frequentes no ambiente escolar.

Benite e Benite (2009) apontam alguns fatores que podem ter se tornado cada vez mais escasso as aulas experimentais de química: i) a falta de materiais para a realização das atividades práticas; ii) a inadequação dos espaços disponibilizados para aulas experimentais; e iii) o grande número de estudantes nas turmas. Outros fatores também podem ser incluídos nessa relação, tais como: a falta de iniciativa dos professores, que se sentem despreparados para a realização deste tipo de tarefa (Goi; Santos, 2008); e o escasso tempo disponível na grade de ciências para este tipo de atividade (Ramos; Rosa, 2008).

A experimentação no ensino médio tem função pedagógica (Brasil, 2000). Diferentemente da experiência conduzida pelo cientista, as atividades experimentais devem desempenhar um papel formativo. Por isso, esse papel não pode ser negligenciado a um caráter superficial, mecânico e repetitivo, em detrimento da promoção de aprendizados efetivamente articuladores do diálogo entre saberes teóricos e práticos dinâmicos, processuais e relevantes para os sujeitos em formação (Brasil, 2006).

Outro fator a ser considerado é que uma atividade experimental não precisa ser efetivada necessariamente como uma prática formal, situada em laboratórios adequadamente equipados para essa finalidade (Santos; Nagashima, 2017). Caso haja tal infraestrutura na escola, essa opção é muito boa e deve ser utilizada, mas ela não é imprescindível nem suficiente. Se a escola não dispor de um local específico, existem algumas opções a serem consideradas. Uma das alternativas seria utilizar a própria sala de aula. As aulas experimentais podem utilizar materiais alternativos e de baixo custo (Santos; Nagashima, 2017), como também materiais recicláveis e objetos utilitários de cozinha, para substituições de vidrarias, ou materiais de baixo custo adquiridos, por exemplo, em: farmácias, supermercados, materiais de construção etc. (Casteleins, 2011). Além disso, conforme discutido anteriormente, as atividades experimentais para discussão sobre fenômenos da química não se limitam àquelas que podem ser reproduzidos em laboratório. Ir ao supermercado, fazer uma visita a uma lavanderia e/ou investigar o lançamento de efluentes também podem ser atividades caracterizadas pela ação de experienciar, de vivenciar, de uma forma sistematizada, voltada ao desenvolvimento de habilidades específicas, como: controlar variáveis, organizar dados em tabelas, construir gráficos etc. Portanto, há diferentes modalidades atividades experimentais.

A escolha por determinado tipo de atividade experimental para fins pedagógico-didáticos depende dos objetivos propostos para o estudo, das competências a serem desenvolvidas nos estudantes e dos recursos e materiais disponíveis. No entanto, qualquer que seja o tipo, essas atividades devem possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las (Brasil, 2002). Além disso, deve-se ter clareza



quanto à necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção de conceitos para a aprendizagem.

Existem diferentes tipologias para as atividades experimentais. Oliveira e Soares (2010) as diferenciam em quatro tipos: i) *atividade demonstrativa*, na qual o professor é o sujeito principal e o aluno apenas observa e faz as anotações do experimento; ii) *atividade ilustrativa*, onde o aluno manipula o material sob a orientação do professor e a prática é utilizada para comprovar leis e teorias; iii) *atividade descritiva*, aquela realizada pelo aluno, utilizando um roteiro ou guia a ser seguido, havendo interação com o objeto de estudo; e iv) *atividade investigativa*, que é realizada pelo aluno e há discussão, elaboração e verificação das hipóteses, sendo o professor o mediador da aprendizagem.

Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2006) elencam três tipos de atividades experimentais: i) *experimentação ilustrativa*, que realiza-se sem muita problematização e discussão dos resultados experimentais, sendo usada para demonstrar conceitos discutidos antes da atividade prática; ii) *experimentação investigativa*, que é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a reflexão e faça com que o aluno seja capaz de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência; iii) *a experimentação problematizadora*, que vai além da investigativa, na medida em que propõe a leitura, a escrita e a fala como aspectos indissolúveis da discussão conceitual dos experimentos. Esses autores destacam que se observa na experimentação com característica demonstrativa (ilustrativa, descritiva) uma forte presença da pedagogia tradicional do ensino e uma visão empírico-indutivista da ciência, já que a atividade prática é apenas manipulativa, sem interação e reflexão, sem associação entre a teoria e a prática.

Gonçalves e Galiazzi (2004) propõem algo em um sentido diferente. Esses autores consideram que a atividade experimental deve ser desenvolvida em uma abordagem sociocultural, numa perspectiva dialógica e deve estar vinculada a contextualização do conteúdo, ao questionamento, a explicitação do conhecimento pelos alunos, a construção de argumentos, comunicação e validação dos argumentos construídos. Nesse sentido, apresentam-se as experimentações problematizadoras e investigativas. Discutindo sobre esse tipo de concepção, Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) citam que o aporte teórico para a experimentação problematizadora é a própria pedagogia problematizadora de Paulo Freire. Desse modo, deve-se suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido. Com base em Freire, esses autores reafirmam que a aprendizagem acontece com a formulação e a reformulação dos saberes pelos estudantes ao lado dos professores, igualmente como sujeitos do processo.

Também apoiado em Freire, Delizoicov (2001) aponta a problematização como característica fundamental para a produção e apropriação de conhecimento. Inicialmente, o professor deve apresentar situações reais que os estudantes conhecem e provocá-los para expor o que pensam sobre elas. O professor deve ficar atento para localizar possíveis limitações do conhecimento dos estudantes, de forma que eles sintam a necessidade de aquisição de novos conceitos que ainda não detêm. Lembrando que, os questionamentos realizados na problematização inicial emergem de um problema. Em seguida, os conhecimentos necessários para a compreensão da problematização inicial são sistematicamente estudados. Nesse momento podem ser utilizadas atividades experimentais ou outro tipo de atividade. Objetiva-se finalmente que o aluno consiga incorporar o conhecimento sistemático para analisar tanto as situações iniciais como outras situações que emergem, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser solucionadas pelo mesmo conhecimento.

Uma experimentação problematizadora não se restringe aos procedimentos experimentais, mas busca proporcionar ricos momentos de estudo e discussão teórico/prática. A experimentação não deve estar dissociada da teoria, nem ser mero elemento de ilustração ou motivação, mas efetiva possibilidade de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes (Brasil, 2006). Além de não dissociar experimento da teoria, Silva, Machado e Tunes (2019) ressaltam que a realização de atividades experimentais problematizadoras em educação em ciências naturais devem ser desenvolvidas associadas a um contexto. Esses autores citam várias sugestões de atividades experimentais, como as experiências investigativas, simulações em computadores, vídeos e filmes, horta na escola, visitas planejadas e estudos de espaços sociais, e atividades demonstrativo-investigativas, que apresentem características de atividade problematizadora.

Silva *et al* (2009) defendem que as atividades experimentais são necessárias para favorecer um ensino de química contextualizado, pois ao incluir práticas que desafiam os estudantes com situações-problemas concretas, o professor contribui para que estas favoreçam a construção de novos conhecimentos, além da negociação de sentidos pela argumentação e interlocução entre realidade e prática. Nesse sentido, Carvalho (2018) ressalta que a experimentação, ao apresentar um caráter investigativo, pode contribuir para instigar a curiosidade e o interesse dos educandos em aprender ciências. Por exemplo, ao serem motivados a resolverem uma situação problema, os estudantes são encorajados a formularem hipóteses, testá-las de diferentes maneiras e modificá-las de acordo com os resultados. Essa natureza investigativa do processo de ensino-aprendizagem inquieta os estudantes e os motiva

a construir novos conhecimentos, ao invés de simplesmente memorizá-los passivamente, em uma relação de transmissão-recepção que normalmente acontece sem um viés crítico e reflexivo sobre o que se aprende (Brasil, 2018).

A experimentação investigativa sob o viés problematizador torna-se um caminho produtivo para a construção de conhecimentos. Entre os aspectos positivos de seu desenvolvimento na escola, reside a necessidade de o estudante ter de interpretar os fenômenos científicos, partindo do senso comum e chegando no saber sistematizado, tendo como apoio o professor (Francisco Jr.; Ferreira; Hartwig, 2008). Nesse sentido, dentro do seu papel de mediador, o docente orienta e conduz o estudante a um nível mais elevado de entendimento.

As atividades experimentais demonstrativo-investigativas-problematizadoras permitem trabalhar com uma variedade de estratégias didáticas, inclusive com atividades em que o professor apresenta fenômenos simples, dentro das aulas (Melo; Silva, 2016). A partir desses fenômenos, objetiva-se abordar problemas do cotidiano e introduzir aspectos teóricos que estejam relacionados ao abordado no currículo. Portanto, essas práticas podem ser inseridas nas aulas à medida que o professor desenvolve o programa de ensino. Mais do que comprovar na prática como a teoria funciona, o objetivo principal com esse tipo de experimentação é observar fenômenos e, sob orientação, contextualizá-lo ao dia a dia do estudante e relacioná-los com uma teoria.

Segundo destacam Silva, Machado e Tunes (2019), mais importante do que fazer o experimento é a discussão, conduzida pelo professor, com os alunos sobre os três níveis do conhecimento químico: observação macroscópica, interpretação submicroscópica e expressão representacional. Essa discussão envolve as relações estabelecidas entre esses três níveis do conhecimento veiculado e suas implicações para a sociedade. Adequando-se à concepção de flexibilidade destacada anteriormente para a experimentação escolar, como um todo, as atividades experimentais demonstrativo-investigativas visando um caráter problematizador podem ser realizadas em espaços variados. Com isso, podem ser efetivadas na sala de aula ou no laboratório (quando a escola dispõe), até em outros locais da escola - jardim, horta, caixa d'água/cisterna, cantina e/ou cozinha - além de espaços no seu entorno ou mais distantes.

Silva, Machado e Tunes (2019) também propõem sete etapas para o desenvolvimento de uma atividade demonstrativo-investigativa, conforme apresentado em continuidade.

**Etapa 1 - Formulação de uma pergunta** - O professor lança um questionamento que desperte a curiosidade e o interesse dos alunos para o tema, para que, na sequência, o professor

conduza a atividade de forma que seja explorada a observação macroscópica, a interpretação submicroscópica e a expressão representacional.

**Etapa 2 - Observação macroscópica** – É realizado um experimento demonstrativo pelo professor no qual os alunos observam e descrevem mudanças visualizadas durante a realização do experimento. A partir desse momento, deve-se estimular o diálogo para que os estudantes manifestem suas ideias e essas sejam fontes de informação para o professor conhecer seus pensamentos e detecte seus conhecimentos prévios, interesses e problemas de aprendizagem.

**Etapa 3 - Interpretação submicroscópica do fenômeno** – Ocorrerá a formulação de hipóteses pelos estudantes para possíveis explicações para o fenômeno observado. Nesse momento, há a abordagem do conhecimento científico e comparando-o com as análises prévias dos estudantes.

**Etapa 4 - Inserção da expressão representacional** – Utilização de modelos representacionais empregando a linguagem científica (por meio de equações químicas, representações estruturais) para auxiliar na construção de uma síntese explicativa sobre o que foi observado;

**Etapa 5 - Elaboração da resposta à pergunta formulada** – Realização de uma síntese sobre o fenômeno e elaboração da explicação utilizando os conceitos discutidos durante a atividade.

**Etapa 6 - Discussão de possíveis implicações sociais, econômicas, tecnológicas, culturais do fenômeno** – estabelecimento de relações entre o fenômeno, os conceitos estudados e aplicações CTSA em situações do dia a dia.

**Etapa 7 - Observação de geração de resíduos** - promovendo sua disposição mais segura, minimizando ou evitando impacto ambiental.

A experimentação no ensino de química também se relaciona aos aspectos avaliativos. Em relação às atividades demonstrativo-investigativas, Silva, Machado e Tunes (2019) propõem que uma forma de avaliar a aprendizagem dos estudantes é solicitar que eles analisem situações análogas às de suas vivências e que podem ser explicadas utilizando-se os conceitos discutidos durante as abordagens.

A abordagem temática, sob o enfoque CTSA, do tratamento de efluentes lavanderias industriais de jeans podem incluir estratégias de experimentação investigativa direcionadas a estudantes que residem no Agreste Setentrional de Pernambuco, na região do Polo Têxtil. Elas podem contribuir de forma mais efetiva no processo de aprendizagem e envolver metodologias diferenciadas para as suas formações. Entre as possibilidades para explorar essa temática, está o tratamento para mitigar os efeitos danosos de corantes presentes nessas águas

residuais, para o meio ambiente. Esses tratamentos podem ser trabalhados em demonstrações, em uma escala menor, sob o ponto de vista didático. Uma das alternativas nessa direção são as atividades experimentais oxidativas para transformação de corantes desses efluentes têxteis.

As atividades experimentais dos processos oxidativos consistem em experimentos de separações de misturas de materiais orgânicos, em meio aquoso. Exemplos nesse sentido podem ocorrer via separação do corante índigo na água, pela utilização de duas técnicas: processos oxidativos avançados (POA) e a eletrofloculação. Essas duas técnicas integram as novas tecnologias de processos químicos desenvolvidos para tratamentos de efluentes de atividades industriais (Borba, 2010). Elas são promissoras para as indústrias químicas e, além das indústrias têxteis, vêm sendo aplicadas em diversas matrizes, consideradas extremamente poluentes (Ferreira *et al*, 2018; Brito; Silva, 2012). Esses dois tratamentos são extremamente importantes, pois, amenizam uma série de implicações ambientais e sociais, com repercussões de saúde pública e que exige um tratamento tecnológico.

Os POA são definidos como processos de oxidações em que os radicais hidroxilas ( $\text{HO}\bullet$ ) são gerados para atuarem como principais agentes oxidantes para promover uma degradação mais efetiva do poluente a ser tratado. Pelo alto poder de reagir com compostos orgânicos, esses radicais podem transformá-los em espécies inócuas e inofensivas, como os compostos  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (Zanela, 2010; Brito; Silva, 2012).

Brito e Silva (2012) abordam três metodologias de tratamentos via processos oxidativos avançados: i) *fotocatálise heterogênea UV/TiO<sub>2</sub>*, usado na presença de radiação ultravioleta e a catálise de  $\text{TiO}_2$  gerando radicais oxidantes hidroxilas, que são responsáveis para eliminar o corante dos efluentes; ii) *fotoquímico UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*, usado na presença de radiação ultravioleta e a catálise de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , gerando radicais oxidantes hidroxilas; e iii) via *fenton e foto-fenton*, técnicas que diferenciam pela ausência de luz e presença de radiação ultravioleta, respectivamente. No caso da oxidação via *fenton e foto-fenton*, ambos utilizam catalisadores como íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) em meio ácido, para promover a decomposição do peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e assim produzir os radicais oxidantes hidroxilas. No entanto, o foto-fenton se destaca pelo aumento das produções dos radicais hidroxila, fazendo com que a remoção do corante ocorra mais rápido (Ferreira *et al*, 2018).

Diferente dos POA's, que são aplicados somente em poluentes orgânicos, a eletrofloculação tem grande aplicabilidade no tratamento de poluentes orgânicos e inorgânicos de efluentes têxteis de diversos seguimentos industriais. A eletrofloculação é um processo eletroquímico largamente utilizado na indústria galvânica, mas também é uma

técnica muito indicada para o tratamento de efluentes têxteis, por ser barata, de fácil execução em pequena e em larga escala, e por apresentar grande eficiência na remoção de corantes em meio aquoso (Cerqueira, 2006; Borba, 2010; Aquino Neto *et al*, 2011). Paschoal e Tremiliosi Filho (2005) consideram a eletrofloculação uma técnica promissora no processo de tratamento e de reuso de água de efluentes têxteis, por esta possibilitar de forma rápida a oxidação parcial do poluente por via eletrolítica resultando na flotação ou precipitação da matéria orgânica.

A base do processo é explicada pelos fenômenos da eletrólise. Em síntese, o processo funciona pela imersão de eletrodos metálicos no efluente. Esses eletrodos geralmente são placas de alumínio e/ou ferro, dispostas paralelamente, e alimentados por corrente elétrica contínua. A seleção apropriada dos eletrodos é muito importante; o alumínio e o ferro são os mais comuns, por serem eficazes, apresentarem baixo custo e serem facilmente disponíveis (Fornari, 2008). Por exemplo, Cerqueira (2006) fez uma aplicação do processo de eletrofloculação no tratamento de efluentes de uma indústria têxtil do estado no Rio de Janeiro. No qual ele utilizou um reator de batelada constituído de eletrodos de ferro e alumínio. Em seus resultados ele constatou que o processo de eletrofloculação nas condições operacionais estudadas é uma alternativa tecnicamente viável para a remoção de cor e turbidez, com eficiência, respectivamente, de 95% e 100%.

O tratamento de eletrofloculação proporciona que as moléculas orgânicas e os sais inorgânicos dissolvidos na água sofram dissociação eletrolítica. Com isso, o equilíbrio iônico do meio é perturbado e as moléculas orgânicas se tornam insolúveis e as inorgânicas transformadas em outros compostos (Alves, 2017). Diferentes e complexas reações ocorrem ao longo desse processo. Elas envolvem desde o consumo de eletrodos até a oxidação, coagulação, floculação, sedimentação e/ou flotação dos poluentes orgânicos da água. Isso torna possível a remoção de impurezas por filtração simples.

A eletrofloculação apresenta um nível de resposta muito rápido, que depende das condições de voltagem e amperagem aplicadas ao sistema. Em geral, o tempo de início de reações químicas varia entre 5 a 30 minutos, bem inferior ao que normalmente é necessário para os processos biológicos, que variam entre 6 e 24 horas (Fleck, 2011). Outro aspecto favorável à aplicação da eletrofloculação para a remoção de impurezas orgânicas de efluentes é sua capacidade de acompanhar as variações sazonais, podendo ser ajustado rapidamente aos aumentos de vazão e carga, o que não é possível para os processos biológicos (Fleck; Tavares; Eyng, 2013).

Uma forma para articular a abordagem temática do conteúdo soluções com ênfase em CTSA, a partir do tema gerador tratamento de efluentes de lavanderias de jeans, é promover a

organização e a intervenção didática dentro de uma sequência didática centrada em atividades experimentais demonstrativo-investigativas.

Sequência Didática (SD) é uma expressão com diferentes compreensões epistemológicas e, por isso, associada a uma ampla discussão no campo acadêmico. Por exemplo, de acordo com Leal e Fonseca (2013), uma SD se refere ao conjunto de atividades planejadas pelo docente, etapa por etapa, abordando estratégias de ensino diversificadas. Assim como Silva, Catão e Silva (2020), diferentes autores consideram que a SD representa uma possibilidade de ação pedagógica sobre um conteúdo específico que, ao ser discutido em sala de aula, proporciona ao estudante uma melhor compreensão dos assuntos considerados mais difíceis. A diversidade de compreensões é extensa e, aqui, não se objetiva discutir todas.

A adoção de um referencial para o desenvolvimento da pesquisa aqui proposta tem por entendimento de SD como uma das diferentes formas de organização da prática pedagógica para o desenvolvimento de um ensino investigativo. Como fundamento mais amplo, concorda-se com Zabala (1998, p. 24) que considera a SD “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

Para Zabala (2014), grifo do autor:

[...] *as sequências de atividades de ensino/aprendizagem*, ou sequências didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhe atribuir (Zabala, 2014, p. 26).

O autor destaca a importância na definição dos conteúdos de aprendizagem e o papel das atividades. Para ele, tais propostas em uma SD envolvem as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais. Assim como foi discutido sobre essa associação em relação à abordagem de temas geradores na educação CTSA, tal ideia também é defendida por Azevedo (2006), ao enfatizar que a aprendizagem procedimental e atitudinal se torna tão importante quanto a aprendizagem conceitual.

Uma SD pode apresentar diferentes características. De acordo com Zabala (2014), cada SD desenvolvida: i) apesar de apresentar um objetivo geral, está voltada para objetivos

específicos; ii) contém as variáveis da prática educativa; iii) engloba os tipos de atividade, sobretudo as maneiras de articulá-las, pois são traços individuais e categóricos à especificidade da proposta didática; iv) indica a função exercida por cada uma das atividades no processo de construção do saber ou da aprendizagem de diferentes conteúdos científicos; v) ajuíza a funcionalidade das atividades, sua deficiência ou a ênfase que se lhes deve atribuir. Com esse tipo de entendimento, uma SD supera a visão de ser apenas um conjunto de atividades pedagógicas, organizado com base nos objetivos docentes, visando aprendizagem autônoma e universal no estudante. Ela se volta a um mecanismo de mobilização de saberes, pois proporciona ao estudante o acesso a múltiplas práticas que enfatizam o saber científico ao seu cotidiano, preparando-o para saber usar este conhecimento em prol de melhorar seu contexto sociocultural (Schroeder; Ferrari; Sylvia, 2009).

Zabala (2014) também destaca que a elaboração de uma SD visando o alcance dos objetivos pressupõe o planejamento, a execução e a avaliação. Quanto aos recursos didáticos, esse autor sugere uma variação entre eles, para que possa ser estabelecida uma relação entre estudante-professor e estudante-estudante, para o estabelecimento de um clima favorável à aprendizagem (Zabala, 2014). Nesse contexto, o professor é visto como figura-chave no desenvolvimento de uma SD, pois passa a ser o promotor de oportunidades para novas interações entre os estudantes e o conhecimento. Ele participa de todas as etapas, desde o planejamento até a avaliação da aprendizagem, estabelecendo os objetivos de ensino, propondo as atividades didáticas e determinando os instrumentos avaliativos. Carvalho e Perez (2001) ressaltam que esse processo deve ser criativo, pois “[...] é preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos” (Carvalho; Perez, 2001, p. 114).

Alguns autores, como Moreira (2015), Gondim (2016) e Santos e Galembeck (2018) consideram que, para o desenvolvimento desses momentos inovadores, as SD devem ser trabalhadas com um enfoque investigativo, na qual as atividades planejadas possuem um perfil de investigação, voltado à problematização dos conceitos científicos. Na mesma direção, a concepção de SD proposta por Zabala é coerente com o caráter investigativo de ensino, visto que a construção, significado e consolidação dos conceitos científicos são permeados pela oferta de atividades que veiculam a problematização, a formulação de hipóteses, coleta de dados e sistematização. Giordan, Guimarães e Massi (2011) indicam uma tendência dentro da área do ensino de ciências na proposição de Sequências Didáticas Investigativas (SDI).



As SDI são vistas como momentos pedagógicos ordenados e articulados, que objetivam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma temática central, utilizando-se de problematizações de conceitos científicos (Zômpero; Laburú, 2011; Moreira, 2015; Gondim, 2016; Santos; Galembeck, 2018). De acordo com Vidrik *et al* (2020), uma SD com enfoque investigativo se caracteriza como uma abordagem na qual o professor busca que a turma se engaje com as discussões durante resolução de um problema, bem como exercite práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação. Em contrapartida, os estudantes também assumem uma postura, na qual é preciso o envolvimento nas discussões e nas interações, tanto entre si, quanto como professor e com o material didático (Moreira, 2015; Gondim, 2016; Zômpero; Laburú, 2016; Santos; Galembeck, 2018). Assim, uma SD necessita do envolvimento intelectual dos estudantes, estimulado por uma postura docente mediadora, e somente tem condições de ser colocada em prática em contextos em que eles estejam engajados com a proposta de ensino, podendo ser considerados agentes ativos em suas aprendizagens (Vidrik; Almeida; Malheiro, 2020).

Miranda, Marcondes e Suar (2015) consideram que as atividades das SDI evidenciam um caráter importante para a promoção de alfabetização científica (AC) aos estudantes de ensino médio nas aulas de química. Porém, corroborando com Chassot (2010), entende-se que alfabetizar cientificamente não é somente compreender os conhecimentos do cotidiano, é preciso construção de um conhecimento crítico do mundo que nos cerca. Sendo assim, o ensino por meio de atividades investigativas é tomado como uma ferramenta metodológica propícia para à construção do conhecimento.

Zômpero e Laburú (2011) consideram que essas atividades investigativas no ensino de ciências consistem em momentos didáticos com base na resolução de problemas de situações cotidianas e/ou científicas. Essas situações são desenvolvidas com o intuito de o estudante adquirir e/ou aprimorar determinadas habilidades - como: observação, registro, identificação de regularidades, levantamento de hipóteses, anotação, análise dos dados e argumentação entre os pares – e para efetuar a comunicação dos resultados, de modo verbal, oral ou escrito.

Um dos aspectos essenciais em uma atividade com enfoque investigativo é a existência de uma problemática instigante (Zômpero; Laburú, 2011). O problema se torna importante porque introduz novos conceitos a partir de saberes já vivenciados, criando condições para resolvê-lo. Assim, se uma atividade didática for organizada de modo a colocar o estudante diante de uma situação problema, ela poderá contribuir para que ele raciocine logicamente sobre a situação a partir de suas experiências e proponha ideias, na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Nesse mesmo caminho, Carvalho

(2018) destaca algumas características principais para um problema: i) oferece um contexto para os estudantes resolverem e explicarem o fenômeno envolvido; ii) oportuniza condições para eles relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem, valorizando os saberes empíricos e espontâneos; e iii) favorece a utilização dos conhecimentos científicos em outras áreas de estudos.

Carvalho (2018) propõe que uma boa problemática em uma atividade com enfoque investigativo também promove a passagem das ações manipulativas às ações intelectuais, permitindo a elaboração e teste de hipóteses, o raciocínio proporcional, a construção da linguagem científica, e construção de explicações causais e legais, envolvendo os conceitos e leis do conteúdo abordado. Com isso, o problema atua como elemento promotor da investigação, estando associado ao objeto de conhecimento, contribuindo para o surgimento, desenvolvimento e compreensão de conceitos.

Miranda, Suar e Marcondes (2015) ressaltam que uma atividade investigativa não precisa necessariamente conter uma atividade experimental ou ocorrer em laboratórios de ciências. No entanto, conforme levantamento realizado por Melo, Santos e Araújo (2021), os resultados de pesquisas da área têm destacado o papel positivo das propostas que buscam promover o ensino investigativo articulando temas geradores alinhados aos conhecimentos prévios dos estudantes, problemáticas contextualizadas e experimentação investigativa.

Os autores Giordan, Guimarães e Massi (2011) defendem que as Sequências Didáticas Investigativas (SDI) com uma abordagem dialógica-problematizadora são analisadas com base em episódios de interações discursivas entre professor e aluno. Por outro lado, autores como Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2006); Silva, Machado e Tunes (2019); Melo e Silva (2016) destacam que as SDI com caráter problematizador podem ser desenvolvidas em atividades experimentais. Essas atividades experimentais problematizadoras vão além da discussão conceitual entre professor e aluno, pois permitem aos estudantes desenvolver o senso crítico, a curiosidade e abordar problemas do cotidiano, articulados com os pressupostos freirianos. Espera-se desenvolver a pesquisa aqui proposta nessa direção, com base no tratamento de efluentes de lavanderias de jeans, conforme apresentado no próximo capítulo, que trata da metodologia.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na realização da pesquisa. Descrevem-se os meios e os métodos planejados para encontrar as respostas para o problema lançado e alcançar os objetivos pretendidos, visando abordar o conteúdo no enfoque CTSA junto a estudantes de ensino médio por meio de uma sequência didática baseada na temática tratamentos de efluentes de lavanderias de jeans na região agreste pernambucano.

Com base em Marconi e Lakatos (2010), considerou-se esta pesquisa como um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que necessitava de um tratamento científico e para se constituir em um caminho a ser trilhado para se conhecer a realidade ligada ao beneficiamento de jeans. Nessa direção, ela se caracterizou por sua natureza qualitativa, desenvolvendo-se como um estudo analítico descritivo e exploratório, no qual os ambientes intra e extraescolares foram os espaços para a coleta dos dados. Corroborando com Gil (2008), compreendeu-se que a pesquisa qualitativa pode abordar vários caminhos a serem adotados pela investigadora e não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientá-la (Gil, 2008). Também em consonância com as ideias desse autor, partiu-se do pressuposto que o elemento principal nesse tipo de pesquisa é o próprio ser humano, para o qual não há limites para expandir as suas criatividade.

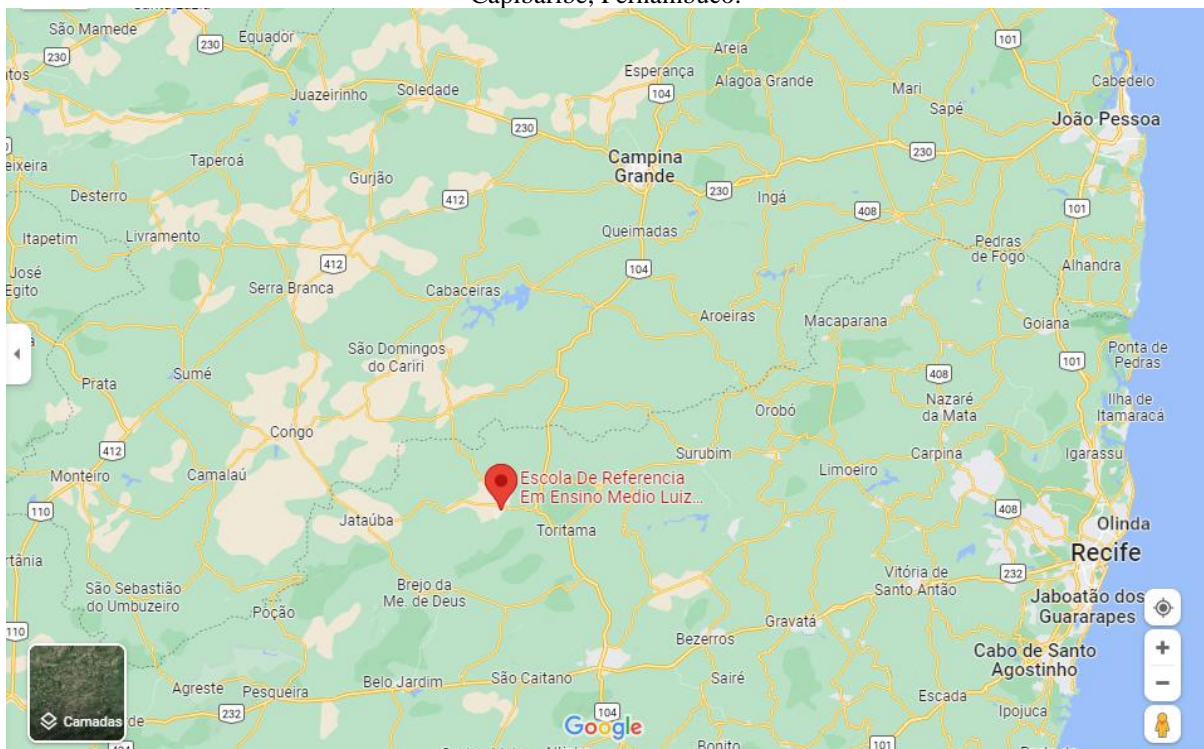
A pesquisadora foi fundamental ao longo de todo processo, pois atuou como professora da turma onde foi realizada a pesquisa, mediando as relações de conhecimento estabelecidas em sala de aula. Por isso, a investigação também foi classificada como pesquisa participante, uma vez que o envolvimento foi ativo, tanto da professora-pesquisadora quanto do grupo pesquisado (estudantes). Alinhando-se às concepções de Méksenas (2007) sobre as características de uma pesquisa participante, tanto a pesquisadora quanto os sujeitos pesquisados contribuíram para o processo de construção do conhecimento no espaço da pesquisa. Adicionalmente, seguindo-se também o entendimento de Gil (2008), a pesquisadora explorou diferentes situações com o intuito de aprimorar os conhecimentos científicos e promover a socialização de saberes.

Partindo dessas considerações, a seguir, serão delineados os percursos metodológicos seguidos para alcançar os objetivos da pesquisa.

### 3.1 Contexto e participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada no primeiro bimestre do ano letivo de 2023, junto a estudantes de uma turma do 3º ano do ensino médio da Escola de Referência em Ensino Médio Luiz Alves da Silva, em Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco. Essa escola se localiza no centro da cidade, segundo é indicado na figura 6, e recebe estudantes advindos tanto da zona urbana quanto rural.

**Figura 6.** Localização da Escola de Referência em Ensino Médio Luiz Alves da Silva, em Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco.



Fonte: <https://www.google.com/maps/>.

Os estudantes desta escola estão diretamente envolvidos com a principal atividade da região, a produção de confecções e artefatos de tecido. Alguns trabalham no setor, mas todos possuem parentes ou conhecidos que desenvolvem atividades nesse segmento, inclusive na produção e/ou na comercialização de vestimentas de jeans.

Essa turma do 3º ano está registrada no portal de Sistema de Elaboração de Projetos Educacionais (SIEPE), conhecido como diário de classe *online*, com o total de 26 (vinte e seis) estudantes matriculados. No momento da realização da pesquisa, tanto no ano letivo vigente quanto nos anos anteriores do ensino médio, os estudantes já haviam estudado os conceitos fundamentais nas aulas, na disciplina de Química, que servem de base para a abordagem contextual desenvolvida e que se relacionam aos novos conceitos a serem apresentados na SDIP. Adicionalmente, a carga horária da disciplina de Química nessa turma

no SIEPE (2023) possui 4 (quatro) aulas/ hora na semana, decorrente do ensino tempo integral.

A pesquisa foi aplicada em 2 (duas) aulas geminadas na disciplina de Química. No total dos 26 (vinte e seis) estudantes que participaram da SDIP, foram selecionados 15 (quinze) participantes para a coleta de dados, na faixa etária entre 15 (quinze) e 17 (dezessete) anos, entre os estudantes que se dispuseram a participar voluntariamente das atividades apresentadas na pesquisa. A turma escolhida foi priorizada por apresentar baixo rendimento de aprendizagem na disciplina Química, além de pouca motivação para desenvolver atividades escolares tradicionalmente utilizadas (aulas expositivas, exercícios e outros). É importante se ressaltar também a baixa assiduidade no espaço escolar apresentada por esses estudantes.

Antes do início da pesquisa, os pais ou outros responsáveis legais por cada estudante assinaram um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (apêndice A) e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice B). Esses documentos explicitavam os objetivos e a metodologia aplicada na pesquisa, assim como possíveis benefícios e riscos previsíveis. Também destacam a confidencialidade e a privacidade dos participantes, de forma que não lhes causassem prejuízos, atendendo assim às normas do CONEP/CNS/MS017/2011.

Ao longo da realização do estudo, buscou-se respeitar as diretrizes e normas regulamentadoras das pesquisas envolvendo seres humanos, presando pela garantia do sigilo relacionado aos dados confidenciais, das instituições e comunidades escolares envolvidas na pesquisa. Igualmente, respeitou-se o direito à liberdade dos estudantes de se recusarem a participar ou de retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização, incluindo nenhum prejuízo ao seu desempenho na disciplina ou ao seu vínculo institucional.

### **3.2 Planificação da Sequência Didática Investigativa-Problematizadora (SDIP), com ênfase em atividades experimentais**

O processo de planificação da SDIP foi distribuído em 3 etapas principais: i) estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para o planejamento da sequência didática; II) definição dos conteúdos a serem contemplados; e iii) a estruturação da SDIP. Essas etapas são descritas em continuidade.

### 3.2.1 Estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a planificação da SDIP

Considerou-se nesta pesquisa, com base em Zabala (1998, p. 18), uma SD como “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Tomando-se também a proposta de Pais (2002, p. 102), assumiu-se que a SD “[...] é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”. Para tanto, para a intervenção didática, buscou-se seguir uma ordem lógica na execução das tarefas, dentro de momentos pedagógicos distintos, investigando aquilo que os estudantes já sabem e estruturando o conhecimento a partir de atividades problemáticas, visando desenvolver o cognitivo e o social.

A concepção de SDIP também estava alinhada com elementos teóricos contidos nas proposições de autores como Freire (1987), Santos e Mortimer (2000), Moreira (2015), Gondim (2016), Zômpero e Laburú (2016) e Santos e Galembeck (2018). O sentido tomado considera a implantação de momentos pedagógicos, ordenados e articulados, que objetivavam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma temática central, utilizando-se de problematizações de conceitos científicos. Adicionalmente, corroborando com Vidrik, Almeida e Malheiro, (2020), esta SDIP se caracterizou como uma abordagem na qual a professora-pesquisadora buscou que os sujeitos participantes da pesquisa se engajassem com as discussões voltados ao conteúdo soluções, envolvendo práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação relacionados ao contexto do tratamento de efluentes de lavanderias de jeans, em particular, para a retirada do corante azul índigo. Ao longo da intervenção didática, estimulados por uma postura docente mediadora, os estudantes também assumiram um papel de agentes ativos em suas aprendizagens, sendo intencionalmente estimulados a interagirem, tanto entre si, quanto com a professora e com o material didático que foi utilizado neste processo.

A SDIP utilizou elementos que a configurassem dentro do nível de aproximação de uma atividade investigativa elaborada pela professora-pesquisadora para ser realizada junto aos estudantes. Para tanto, seguindo proposição de Silva (2011), foram incluídos os seguintes elementos: i) *quanto ao objetivo*: desenvolvimento de habilidade e de competências específicas relacionadas ao assunto estudado; ii) *quanto à problematização* – lançamento de um problema a ser resolvido, com auxílio de diferentes atividades, com ênfase na atividade experimental, para a busca de informações e realização de discussões; iii) *elaboração de*

*hipóteses* - formulação pelos estudantes, a partir da problematização; iv) *participação em atividades experimentais* – vivência em experimentos demonstrativos, com características investigativas, para auxiliar na resolução do problema proposto; v) *proposição de questões para os estudantes* – proposição de interrogantes para explorar os dados obtidos nas atividades práticas, vinculando-os a uma conclusão e/ou a aplicação em novas situações; vi) *sistematização dos conceitos* - a partir das análises dos resultados, do confronto das ideias iniciais e finais, da exploração das hipóteses e das respostas aos problemas.

Os pressupostos para elaboração da SD pela professora-pesquisadora também envolveram as recomendações contidas em um conjunto de objetivos, competências e habilidades contemplados em documentos oficiais educacionais que tratam da abordagem de conteúdos químicos para o ensino médio, como a BNCC (2018) e os documentos do Estado de Pernambuco (2013, 2020, 2021). Além disso, eles contemplavam aspectos relacionados à realidade profissional professora-pesquisadora, seu conhecimento e sua experiência com a turma.

### ***3.2.2 Definição dos objetivos de aprendizagem a serem contemplados na SDIP, a partir das dimensões dos conteúdos CPA***

Os conteúdos selecionados para a organização curricular para formação geral dentro da SDIP estão apresentados no quadro 5.

**Quadro 5** – Organizadores curriculares para formação geral dentro da SDIP.

<b>OBJETOS DE CONHECIMENTO QUÍMICO</b>
Solubilidade e curva de solubilidade das substâncias. Soluções: tipos de soluções, concentração das soluções; aspectos qualitativos e quantitativos; aplicações no dia a dia, na perspectiva de consumo consciente e saudável. Processos oxidativos em soluções aquosas.
<b>HABILIDADE DA ÁREA BNCC</b>
Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
<b>HABILIDADE ESPECÍFICA DOS COMPONENTES</b>

- Correlacionar dados relativos à concentração de certas soluções nos sistemas naturais a possíveis problemas ambientais.
- Estabelecer relação entre a estequiometria e o rendimento das transformações químicas, e prever, em função dessa relação, quantidades envolvidas nas transformações químicas que ocorrem na natureza e nos sistemas produtivos, industrial e rural.
- Propor procedimentos experimentais para conhecer as quantidades envolvidas e o rendimento de uma transformação química.
- Compreender os conceitos, princípios, leis e classificação das soluções, estabelecendo critérios qualitativos e quantitativos na investigação por um desenvolvimento sustentável dos recursos naturais, atrelando esses conhecimentos a situações cotidianas e ambientais.
- Avaliar possíveis implicações das relações quantitativas nas transformações químicas que ocorrem nos sistemas produtivos, rural e industrial.

#### **OBJETOS DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

Interações intermoleculares. Oxirredução. Eletrólise. Funções orgânicas oxigenadas. Aromaticidade.

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Dos conteúdos e habilidades selecionados para a organização curricular para formação geral (ensino-aprendizagem) dentro da SDIP, derivou a organização proposta para os objetivos de aprendizagem para a SDIP, considerando-se as três dimensões do conteúdo – conceitual, procedimental e atitudinal (CPA).

A organização dos objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo (CPA) considera a multidimensionalidade do enfoque CTSA no planejamento didático das atividades relacionadas ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans. Para tanto, foram escolhidas 5 (cinco) áreas relacionadas a essas dimensões, conforme apresentado no quadro 6. Esses conteúdos se referem a contextos dos quais estão vinculados os conteúdos CPA.

**Quadro 6** – Conteúdos relacionados às dimensões CTSA para a SDIP sobre o tratamento de efluentes com corante azul índigo provenientes de lavanderia de jeans.

<b>DIMENSÃO CTSA</b>	<b>CONTEÚDO CONTEXTUAL DA SDIP</b>	<b>OBJETOS DE CONHECIMENTO QUÍMICO</b>
Ciência	Efluentes	Solubilidade. Soluções: tipos de soluções, concentração das soluções; aspectos qualitativos e quantitativos; aplicações no dia a dia, na perspectiva de consumo consciente e saudável. Processos oxidativos em soluções aquosas.
Tecnologia	Beneficiamento de jeans	
	Tratamento de efluentes	
Social	Produção e comercialização de jeans	
Ambiente	Poluição da água	

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Apoiando-se em recomendações pedagógico-didáticas para no ensino de ciências (Carvalho, 2016; Carvalho; Nunes-Neto; El-Hani, 2011), a seleção dos conteúdos CPA procurou contemplar aspectos centrais, estruturantes, apresentados no quadro, e os conteúdos contextuais associados à dimensão CTSA. Com isso, buscou-se evitar o excesso da dimensão



conceitual, promovendo-se uma redução consciente e equilibrada da quantidade de fatos, conceitos e princípios relacionados ao conteúdo soluções, em comparação à quantidade geralmente constante em livros didáticos do ensino médio. Esperava-se que esse critério contribuísse para melhor aproveitamento da aprendizagem, tanto da dimensão conceitual dos conteúdos quanto para proporcionar explicitamente uma presença maior das dimensões procedimental e atitudinal nas atividades. Com base na proposta de Ferraz e Belhot (2010), vinculou-se os objetivos de aprendizagem para os conteúdos CPA a algumas contribuições da taxonomia de Bloom, de acordo com os três domínios a ela associados: cognitivo (com base no conhecimento); psicomotor (com base nas habilidades); e afetivo (com base nas atitudes). O uso dos verbos selecionados (classificar, descrever, aplicar, avaliar, etc.) foi tomado na dimensão instrumental, visando facilitar a distinção e a organização dos objetivos de aprendizagem nas três dimensões.

As três dimensões dos conteúdos ficaram organizadas em termos de atividades realizadas, tanto em sala de aula quanto extraclasse, conforme será discriminado posteriormente. Considerou-se que o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans é um tema que envolve a compreensão de alguns princípios fundamentais da química, com uma ênfase qualitativa, dos quais se derivaram de questões conceituais e contextuais sobre o conteúdo soluções, seguindo adaptações da proposta de Mortimer, Machado e Romanelli (2000). Dentro da SDIP desenvolvida, inicialmente, a abordagem dos conceitos tornou-se mais horizontal, mais abrangente. Nesse caso, apesar de se reconhecer a existência e a importância da ordenação entre os conceitos, foi evitado o excesso de esquemas classificatórios; destacou-se o caráter relacional, considerando também que a fronteira entre certas classes não é rígida. Com isso, visava-se contribuir para se prover uma base, ao longo da abordagem, para um maior aprofundamento tanto dos conceitos, incluindo aspectos quantitativos, sempre relacionada com as relações CTSA. Adicionalmente, os conceitos contemplados não foram propostos para que se esgotem nessa abordagem. Considerou-se que eles já apareceram em momentos anteriores e que deveriam reaparecer em outros momentos do ensino-aprendizagem escolar de química dessa turma, tanto naqueles relacionados a soluções quanto a outros tópicos do currículo.

A organização dos objetivos também foi planejada considerando diferentes pesos/predominâncias das dimensões dos conteúdos, nas diferentes áreas envolvidas com os conhecimentos necessários para a compreensão e posicionamento envolvendo o tratamento corantes azul índigo em efluentes de lavanderias de jeans (quadro 7).

**Quadro 7** - Dimensionamento dos objetivos (CPA) para tratamento na SDIP.

ÁREA	CONTEÚDO CONTEXTUAL	DIMENSÕES E EXEMPLOS DE PREDOMINÂNCIA			
		Conceituais	Procedimentais	Atitudinais	Total
Ciência	Efluentes	C(a1) – 60%	P(a1) – 20%	A(a1) – 20%	100%
Tecnologia	Beneficiamento de jeans	C(a1) – 60%	P(a1) – 20%	A(a1) – 20%	100%
	Tratamento de efluentes	C(a2) – 50%	P(a2) – 30%	A(a2) – 20%	100%
Sociedade	Produção e comercialização de jeans	C(a3) – 20%	P(a3) – 30%	A(a3) – 50%	100%
Ambiente	Poluição da água	C(a3) – 30%	P(a3) – 30%	A(a3) – 40%	100%

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Conrado e Nunes-Neto (2018) e Zabala (1998).

Com essa proposição, almejou-se lançar uma estimativa, uma possibilidade, para que as ênfases nos tratamentos dos conteúdos CPA expressassem a contribuição de cada uma das dimensões para as tomadas de decisão e das ações dos estudantes. No quadro 8, há uma descrição mais detalhada dos objetivos relacionados à dimensão CPA na SDIP

**Quadro 8** – Organização dos objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo (CPA) para a SDIP sobre o tratamento de efluentes com corante azul índigo provenientes de lavanderia de jeans.

ÁREA	CONTEÚDO	OBJETIVOS RELACIONADOS À DIMENSÃO CPA		
		CONCEITUAIS	PROCEDIMENTAIS	ATITUDINAIS
Ciência	Efluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classificar os principais tipos de soluções.</li> <li>• Enumerar os principais tipos de efluentes.</li> <li>• Classificar um efluente como uma solução ou uma mistura heterogênea.</li> <li>• Descrever a formação de efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar um quadro informativo relacionando os principais tipos de soluções a exemplos de efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discriminar a composição de efluentes de lavanderias de jeans, com base na legislação.</li> </ul>
Tecnologia	Beneficiamento de jeans	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enumerar alguns dos principais aspectos do denim, tecido de jeans.</li> <li>• Descrever a formação de efluentes no beneficiamento do jeans.</li> <li>• Explicar o processo de coloração do jeans com o índigo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir representações estruturais de espécies oxidadas e reduzidas de azul índigo, utilizando modelos moleculares.</li> <li>• Calcular concentrações de substâncias em efluentes de lavanderias de jeans.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferir sobre os papéis das principais técnicas, dos produtos e dos compostos químicos relacionados à geração e ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans,</li> </ul>
	Tratamento de efluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender os princípios de dois processos oxidativos para tratamento de efluentes têxteis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar dissoluções e diluições.</li> <li>• Investigar a eficiência da técnica de POA e da eletrofloculação no tratamento de efluentes de lavanderias de jeans.</li> </ul>	
Sociedade	Produção e comercialização de jeans	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever principais potencialidades do mercado de jeans para o Agreste.</li> <li>• Detectar fatores naturais e mercadológicos que influenciam a produção e a comercialização de jeans.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar as compreensões da população sobre as influências da “indústria” de jeans na região.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar o impacto da produção e da comercialização dos jeans na região.</li> </ul>
Ambiente	Poluição da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enumerar alguns dos principais aspectos físico-químicos e biológicos relacionados à qualidade da água</li> <li>• Situar a questão da água ao bioma local.</li> <li>• Identificar fatores relacionados às interações ecológicas proporcionadas pelos efluentes têxteis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar medidas de controle para o lançamento de efluentes de lavanderias de jeans na região.</li> <li>• Produzir um vídeo sobre os impactos positivos e negativos do jeans na região.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar os riscos gerados pelo beneficiamento de jeans.</li> <li>• Investigar alternativas para o desenvolvimento de ações sustentáveis envolvendo o beneficiamento de jeans.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora, inspirada em Conrado (2017)

### 3.2.3 Estruturação da SDIP

A SDIP foi adaptada com a proposta de Silva, Machado e Tunes (2019) para SDI, seguindo a estruturação apresentada no quadro 9. A pesquisa ocorreu ao longo de 8 (oito) aulas, cada uma de 50 (cinquenta) minutos, envolvendo 5 (cinco) dias letivos. A intervenção didática constou de momentos pedagógicos distintos, envolvendo uma ou mais de uma aula, tomando-se por base uma adaptação das etapas para uma SDI propostas de Silva, Machado e Tunes (2019).

As atividades desenvolvidas nos momentos das SDIP envolveram um conjunto de estratégias didáticas variadas, contemplando a investigação de problemas, e avaliando as aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações, tanto no ambiente quanto na sociedade. Nesse sentido, os estudantes analisaram e interpretaram aspectos envolvendo o conteúdo soluções, tomando por base uma leitura dirigida do texto paradidático, desenvolvido pela professora-pesquisadora (que também foi o produto didático da dissertação), e participaram de aulas dialogadas, e de atividades experimentais demonstrativo-investigativas, incluindo uma visita a uma lavanderia localizada na cidade de Toritama. O quadro 9 traz uma descrição das atividades da SDIP.

#### **Momento pedagógico 1 - Questionamento inicial**

O primeiro momento pedagógico será destinado à apresentação da proposta, ao levantamento de concepções prévias dos estudantes e à problematização geral, via exibição de um vídeo.

#### Levantamento de concepções prévias

Seguindo postas para uma educação problematizadora, como em Freire (2005; 2006), foram respeitados e considerados os conhecimentos prévios dos estudantes, conhecimentos trazidos para a escola e que são resultantes de suas experiências de vida, em especial nos contextos da produção e comercialização de confecções, particularmente aqueles relacionados ao beneficiamento do jeans.

Esses conhecimentos prévios ajudaram a professora-pesquisadora na adoção de um conjunto de ações no sentido de estimular e mediar as discussões entre os estudantes, ao invés de apenas fornecer informações e esperar respostas prontas para os seus questionamentos (FREIRE, 2006). Também a ajudarão a estimulá-los a assumir posições mais ativas para que sejam mais protagonistas dentro do processo de ensino-aprendizagem.

**Quadro 9** - Descrição das atividades da Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP) da pesquisa.

<b>DIA/ AULA</b>	<b>MOMENTO PEDAGÓGICO</b>	<b>ATIVIDADE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>	
<b>1º</b>	1	Questionamento inicial	Apresentação da proposta. Levantamento de concepções prévias. Problematização geral, com exibição de vídeo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de questionário sobre aspectos CTSA relacionados à produção e comercialização tecidos e vestimentas.</li> <li>• Problematização sobre o tratamento de efluentes têxteis contendo índigo, a partir da exibição de um vídeo sobre a temática.</li> <li>• Discussões sobre conhecimentos e posicionamentos em CTSA.</li> </ul>	Questionário. Vídeo sobre corantes e efluentes têxteis.
	2	Observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA	Leitura do material didático (produto educacional) - Parte I. Aula dialogada, com exibição de vídeos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura dirigida sobre características de soluções e de suas relações com efluentes têxteis.</li> <li>• Discussão sobre as aplicações do fenômeno e de suas possíveis implicações sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais.</li> <li>• Formulação de hipóteses pelos estudantes sobre as possíveis motivações para gerar o fenômeno observado.</li> </ul>	Texto didático. Vídeos sobre corantes e efluentes têxteis.
<b>2º</b>	3	Interpretação submicroscópica Expressão representacional	Leitura do material didático (produto educacional) – Parte II Aula dialogada, com utilização de modelos moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura dirigida sobre características de soluções e de suas relações com efluentes têxteis, discutindo suas possíveis implicações sociais, econômicas, tecnológicas, ambientais e culturais.</li> <li>• Aula dialogada, com montagens de representações estruturais das formas reduzidas e oxidadas do índigo.</li> </ul>	Texto didático. Modelos moleculares
<b>3º</b>	4	Posicionamentos sobre a geração de resíduos	Realização do experimentos demonstrativos-investigativos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar a descoloração de soluções contendo azul índigo, na perspectiva científico-tecnológica e quanto à responsabilidade socioambiental frente a geração de resíduos</li> </ul>	Experimentos demonstrativos-investigativos.
	5				
<b>4º</b>	6	Observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA	Atividade experimental em lavanderia de jeans.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visita à lavanderia de jeans.</li> <li>• Discussões sobre as etapas de beneficiamento de jeans e sobre as características de soluções e de suas relações com efluentes têxteis, discutindo suas possíveis implicações CTSA.</li> </ul>	Exposição técnica. Entrevistas.
<b>5º</b>	7	Retorno ao questionamento inicial e síntese do assunto	Proposições sobre a problematização inicial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração de explicações para o fenômeno, pelos estudantes, provendo interpretação submicroscópica e comparando-a com as análises prévias.</li> <li>• Avaliação dos significados construídos para o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans contendo o corante azul índigo.</li> </ul>	Redação dissertativa-argumentativa
	8	Avaliação	Avaliação da SDIP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação da atividade (SDIP).</li> </ul>	Questionário

Fonte: Elaborado pela autora (2022), com base em Silva, Machado e Tunes (2019).

Adotando-se o posicionamento proposto por Caamaño (2018) e por Santos e Menezes (2020), esses conhecimentos prévios foram pontos de partida e linha condutora para que os estudantes apontem explicações e soluções para os problemas com os quais sejam confrontados, desenvolvendo hipóteses, reflexões e ações. Dentro dessa perspectiva, com esse momento inicial, pretendeu-se que as abordagens contextualizadas se configurassem em momentos ricos, tanto para as percepções dos estudantes sobre a necessidade de aquisição de novos conhecimentos para se tornarem mais capazes de interpretar e de resolver as situações problema, quanto para as inferências da professora-pesquisadora em auxiliá-los nessa direção.

O levantamento das concepções prévias sobre o conteúdo foi realizado por questionário, aplicado aos estudantes nesse primeiro momento (incluindo no produto educacional). Ele foi constituído de questões compostas de acordo com o quadro 10.

**Quadro 10** – Critérios utilizados para levantamento de concepções prévias sobre aspectos químicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à produção e comercialização de jeans, incluindo os efluentes contendo corantes.

QUESTÕES PROPOSTAS	ASPECTOS ORIENTADORES
1. O beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região leva à formação de efluentes. Você sabe o que são efluentes líquidos? Caso sua resposta seja positiva, dê alguns exemplos.	Relações entre o conteúdo soluções e o contexto efluentes.
2. Dê exemplos de soluções líquidas, gasosas e sólidas comumente encontradas no cotidiano (um exemplo para cada).	
3. Com base na concentração das soluções, cite 3 (tipos) tipos de classificações utilizadas para diferenciar as soluções líquidas.	
4. O tecido de jeans utilizado pelas confecções do Polo Têxtil do Agreste é chamado de denim. Você sabe quais são os principais constituintes desse material? Caso sua resposta seja positiva, descreva-os.	Constituição e propriedades dos materiais do jeans.
5. Você conhece o processo de beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região? Sabe descrever suas etapas?	Aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans.
6. Como o beneficiamento de jeans se relaciona à oferta e à qualidade da água da região?	
7. Você consegue explicar o processo de tingimento do jeans para deixá-los com diferentes tonalidades azuis? Caso sua resposta seja positiva, explique-o	
8. Que tipos de tecnologias podem ser utilizadas para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região?	
9. Avalie a influência da atividade de produção e comercialização de jeans no Agreste de Pernambuco para a população da região.	Reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional.
10. Quais as implicações proporcionadas pelos lançamentos de efluentes das lavanderias de jeans, tanto no contexto urbano local quanto para o bioma Caatinga?	Implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

### Problematização geral

A SDIP envolveu uma problematização inicial, contendo o problema mais geral, mais amplo: **como descolorir o efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans?** Ele será apresentado após a exibição de um vídeo sobre a indústria do jeans no Agreste, cujas imagens também exibem o lançamento desse tipo de efluente.

Com base em Gil-Pérez e Torregrosa (1987) e em Jimenez- Aleixandre e Puig (2010), tratou-se de um problema aberto e autêntico, ou seja, implica em uma situação contextualizada que não apresenta uma resposta óbvia, para qual os estudantes reconhecem e se sentirão estimulados a investigá-la, pensando cientificamente. Além disso, seguindo as proposições de Gomes, Borges e Justi (2008), as respostas para este tipo de problema não são disponibilizadas diretamente e exigem que o estudante se mobilize e encontre formas de coletar e analisar dados e informações que o levem a propor soluções plausíveis. Dentro da resolução de problemas desse processo investigativo, conforme em Carvalho (2018), os estudantes desenvolveram, por meio do diálogo e da liberdade intelectual, importantes práticas do fazer científico, tais como, generalizações e argumentação, envolvendo explicações e descrições. As atividades desenvolvidas ao longo da SDIP buscaram contribuir para a aquisição de conhecimentos para resolução desse problema geral.

### **Momento pedagógico 2 - Observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA**

O segundo momento pedagógico foi mais direcionado ao aspecto fenomenológico, pela via da observação macroscópica e de discussões do fenômeno da coloração/descoloração de efluentes de lavanderias de jeans na perspectiva CTSA. Para tanto, planeja-se utilizar as seguintes atividades: leitura do material didático (produto educacional); aula dialogada, com exibição de vídeos; e atividade experimental em lavanderia de jeans.

#### Leitura do material didático (produto educacional)

O material paradidático (produto educacional), produzido para abordagens em SDIP sobre a temática, foi utilizado ao longo de toda a intervenção didática. Detalhamento sobre esse produto didático será realizado em tópico posterior.

### Aula dialogada, com exibição de vídeos

As aulas dialogadas foram conduzidas pela professora-pesquisadora para introduzir, explicar e exemplificar diferentes aspectos do conteúdo. Assim como em Paz e Leão (2018), a aula expositiva dialogada será considerada como uma estratégia de ensino para facilitar a exposição de conceitos, ao mesmo tempo em que promove a participação ativa dos estudantes, por meio das discussões sobre o assunto, além de considerar o conhecimento prévio que eles trazem consigo.

A professora-pesquisadora se portou como mediadora do processo educativo instigando os estudantes a questionarem, investigarem, discutirem e interpretarem o objeto estudado. A professora-pesquisadora também os estimulou a pensar, debater e justificar suas ideias, aplicando seus conhecimentos em outras situações. Nesse momento didático também foi utilizado um vídeo.

Seguindo as possibilidades de exploração do vídeo como um tipo de recurso didático, como as discutidas por Silva, Leite e Leite (2016), foi escolhido um vídeo curto, com duração de 5,35 minutos, intitulado **Agreste pernambucano tem mais de 800 lavanderias e nem 40% delas tratam a água da produção do jeans** – Toritama –PE, disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/10784983/> (acesso em: 5/05/2023). Tratava-se de uma reportagem que retrata as incidências da poluição do rio Capibaribe, com os despejos dos efluentes têxteis sem tratamentos provocadas pelas lavanderias industriais, realizada em 2022. O vídeo traz abordagem sobre o jeans e impactos do corante azul índigo. O engenheiro químico da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Gilson Lima, foi entrevistado para apresentar um projeto elaborado pela universidade que orienta as lavanderias utilizando uma tecnologia com ozônio - oxidante que reduz os ciclos de lavagem - e laser – que faz um acabamento a seco e que ajuda a poupar água. E finalizando a reportagem, Luiz José Minervino Neto, o dono de uma lavanderia em Toritama, também entrevistado, traz uma demonstração das etapas da lavagem do jeans do seu estabelecimento.

A exibição foi realizada de modo intercalado e com pausas. Pretendeu-se que o vídeo atuasse como uma fonte de novas informações para os estudantes e também contribuísse para despertar o interesse e estimular a participação. Em concordância ao preconizado por Freire e Shor (1986), ao longo e após a exibição do vídeo, a professora-pesquisadora estimulou o diálogo e a troca de ideias, de modo que os estudantes pudessem considerar e refletir sobre aspectos do cotidiano dos sujeitos participantes, auxiliando-os a pensarem melhor sobre seus ambientes locais. Também era intenção, contribuir para a criação de um contexto



problemático sobre o qual os estudantes pudessem ter mais interesse em propor alternativas para a sua melhoria. De modo mais específico, foi estimulada a discussão sobre características ecológicas e atividades socioeconômicas da região, especialmente quanto aos processos de beneficiamento de jeans:

- as características naturais e sociais do Agreste Setentrional pernambucano;
- a questão da água na região;
- a importância fisiográfica do rio Capibaribe, que corta o perímetro urbano de Santa Cruz do Capibaribe e de outros municípios do Polo Têxtil, para o Estado de Pernambuco;
- o beneficiamento de jeans é uma das principais atividades econômicas da região;
- a presença do azul índigo, um dos corantes utilizados para tingimento de jeans, nos efluentes das lavanderias;
- a necessidade de tratamento dos efluentes, incluindo os têxteis.

### **Momento pedagógico 3 - Interpretação submicroscópica e expressão representacional**

Esse momento pedagógico também envolveu a leitura do material didático (produto educacional) e aula dialogada, dessa vez com utilização de modelos moleculares. Considerando as vantagens apontadas para esse tipo de atividade na abordagem de conteúdos químicos no ensino médio, conforme indicado por Piva *et al*, (2019), os estudantes construíram modelos moleculares das formas reduzida e oxidada do índigo azul, utilizando bolas de isopor e palitos de churrasco, com as partes perfurantes das pontas sendo eliminadas. Além de montagem das representações estruturais do índigo, eles representaram interações que ocorrem nas estruturas da celulose e do índigo.

### **Momento pedagógico 4 – Posicionamento sobre a geração de resíduos**

O quarto momento pedagógico proposto para a intervenção didática da SDIP esteve direcionado à aquisição de novas informações para contribuir para a elaboração de posicionamentos dos estudantes sobre a geração de resíduos.

#### Realização do experimentos demonstrativos-investigativos

Considerou-se a experimentação investigativa como uma atividade experimental que envolve a problematização e a contextualização. Baseando-se em Martins, Delou e Cardoso

(2019, p. 151) “[...] pretende-se estimular o aprendizado por meio da aproximação dos conteúdos da disciplina com a vivência dos educandos”. Busca-se tal envolvimento, mas, sem deixar de lado o conhecimento científico que se almeja desenvolver junto às pessoas envolvidas no processo educativo. No sentido proposto por Pereira, Viturino e Assis (2017), essa modalidade de experimentação parte de situações do cotidiano relacionadas ao beneficiamento de jeans, incluindo as realidades socioeconômica e ambiental nas quais os estudantes estão inseridos, e se constituir em um importante fator para suas motivações.

Tomando o sentido proposto por Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), considerou-se também que a experimentação investigativa abre oportunidades para discussões, reflexões, ponderações e explicações, de forma que os estudantes aprendam não só conceitos científicos, mas que saibam se expressar e refletir criticamente sobre tais conhecimentos, seja ampliando ou adquirindo novos saberes.

As atividades experimentais investigativas foram demonstrativas e realizadas em uma sala de aula. Tomando as concepções de Mortimer e Machado (2000), tal escolha residiu no alinhamento que a experimentação não se limita aos fenômenos da química que podem ser reproduzidos em laboratório. Por isso, considerou-se que falar sobre as atividades de lavanderias de jeans ou sobre o tratamento dos seus efluentes também são recorrências fenomenológicas materializadas na atividade social, mostrando que a química está na sociedade e no ambiente. As atividades experimentais demonstrativo-investigativas realizadas pela professora-pesquisadora na sala de aula da escola, por demonstração, envolveram dois experimentos oxidativos únicos. Com base em Silva, Machado e Tunes (2019), assumiu-se que cada um se tornaria uma prática investigativa, para as quais, entre as características tomadas para seus desenvolvimentos, destacavam-se: simplicidade e rapidez na execução, priorizando a observação de fenômenos; a não exigência que os estudantes os realizem; e a independência da existência de laboratório de ciências/química.

A professora-pesquisadora fez uso equipamentos de segurança individual realização dos experimentos. Os estudantes permaneceram no mesmo ambiente, mas a uma distância segura, que os habilitassem a observações e registros. Entre os protocolos para segurança coletiva, houve a presença de um extintor de incêndio (CO<sub>2</sub>) no local.


Para esse momento, os participantes foram divididos em 3 (três) grupos de 5 (cinco) componentes para facilitar a discussão. A formação dos grupos foi estabelecida pelo critério de afinidade, para que se sentissem mais envolvidos e estimulados a desenvolverem outras atividades, em outros momentos, incluindo o relatório final das experimentações. Os mesmos arranjos dos grupos se mantiveram na visita da lavanderia de jeans.

Os dois experimentos oxidativos para tratamento de efluentes de lavanderias de jeans contendo corante azul índigo foram realizados no laboratório da escola: a eletrofloculação e o experimento de foto-fenton, um tipo de processo oxidativo (POA).

#### *A eletrofloculação*

O protocolo do experimento de eletrofloculação para o tratamento de efluentes contendo o índigo está apresentado no quadro 11. Com base em Paschoal e Tremiliosi Filho (2005), o procedimento experimental foi desenvolvido de modo a demonstrar a eletrofloculação como uma técnica promissora no processo de tratamento e de reuso de água de efluentes têxteis, por esta possibilitar de forma rápida a oxidação parcial do poluente por via eletrolítica resultando na flotação ou precipitação da matéria orgânica.

**Quadro 11** – Experimento de eletrofloculação para o tratamento de efluentes contendo o índigo.

<b>MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1 carregador de notebook (saída 12V 2-4A).</li> <li>– 2 jacarés.</li> <li>– 1 Becker de 50 mL (ou copo de vidro comum).</li> <li>– 2 Bastões de alumínio (eletrodos)</li> <li>– Hidróxido de sódio (soda cáustica).</li> <li>– Sulfato de alumínio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Corante índigo em pó, comercializado para tingir roupas</li> <li>– Papel de filtro e funil</li> <li>– Água mineral ou da torneira.</li> <li>– Uma garrafa de pet de 1L vazia.</li> <li>– Uma colher de sopa.</li> <li>– Papel indicador universal.</li> </ul>
<b>PROCEDIMENTOS</b>	
<p><b>Preparação da solução efluente</b></p> <p>Adiciona-se meia colher de sopa de corante índigo em pó (~1g) numa garrafa pet de 1L contendo cerca de 500 mL de água, agitar bem até a completa dissolução dos sólidos. Por fim, completa-se com água até encher a garrafa.</p> <p><b>Montagem do sistema</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Em um béquer de 50 mL, adicione a solução corante (~80% da capacidade do Becker) e uma pitada de hidróxido de sódio (0,1g) e monte o sistema como demonstrado na figura 1, de forma que os bastões metálicos fiquem bastante imersos na solução e separados em lados opostos do recipiente.</li> <li>2. Conecte os jacarés aos bastões e ligue o a fonte elétrica; observe e anote o que acontece com a mistura no decorrer do tempo.</li> <li>3. Após a floculação do corante, quando a água estiver quase incolor no interior do béquer (~5min), faça a filtração.</li> <li>4. Anote a coloração do líquido após a filtração e faça a leitura do pH. No final, ajuste o pH com sulfato de alumínio e filtre novamente.</li> </ol>	<p>Figura. 1 - Esquema do experimento de eletrofloculação.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Fonte:</b> autoria própria, 2021.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2022).



Escolheu-se utilizar a eletrofloculação, pois, trata-se de um experimento, de base eletroquímica com muitas adequações didáticas. Conforme exposto por Aquino Neto et al (2011), essa técnica é: i) indicada para separação de misturas de materiais orgânicos, como o

corante índigo, em meio aquoso; ii) relativamente simples, de baixo custo, viável para a realização em escolas, inclusive considerando o fator tempo, o experimento pode ser realizado em menos de 20 (vinte) minutos; e iii) relativamente segura, pois pode ser manipulada com baixo risco de acidentes, inclusive pelos próprios estudantes.

*O experimento de POA do tipo foto-Fenton*

O protocolo do experimento do POA do tipo foto-Fenton para o tratamento de efluentes têxteis contendo azul índigo está apresentado no quadro 12.

**Quadro 12** – Experimento do POA do tipo foto-Fenton para o tratamento de efluentes têxteis contendo azul índigo

<b>MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1 lâmpada UV.</li> <li>– 1 caixa de madeira.</li> <li>– 1 tomada.</li> <li>– 1 proveta de 25 mL.</li> <li>– 1 copo de vidro comum.</li> <li>– 2 pipetas, do tipo pera.</li> <li>– 3 pipetas graduadas, de 1 mL.</li> <li>– 1 pipeta de Pasteur (descartável).</li> <li>– 2 potes conta gotas de vidro.</li> <li>– Ácido sulfúrico concentrado P.A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Peróxido de hidrogênio (35%).</li> <li>– Hidróxido de sódio (soda cáustica).</li> <li>– Corante índigo em pó (para tingir roupas).</li> <li>– Papel de filtro.</li> <li>– Funil.</li> <li>– Água.</li> <li>– Uma garrafa de PET de 1L (vazia).</li> <li>– Uma colher de sopa.</li> <li>– Papel indicador universal.</li> <li>– Procedimentos</li> </ul>
<b>PROCEDIMENTOS</b>	
<p><b>Preparação da solução efluente</b></p> <p>1. Adiciona-se meia colher de sopa de corante índigo em pó (~1g) numa garrafa pet de 1L contendo cerca de 500 mL de água, agitar bem até a completa dissolução dos sólidos. Por fim, completa-se com água até encher a garrafa.</p> <p><b>Preparação da solução do ácido sulfúrico (1:20)</b></p> <p>1. Adicionar 10 mL de água na proveta.</p> <p>2. Gotejar lentamente 1 mL de ácido e agitar com um bastão.</p> <p>3. Complete com água para 20 mL.</p> <p><b>Preparação da solução de hidróxido de sódio (10g/L)</b></p> <p>1. Dissolver 10g de hidróxido de sódio em um pouco de água e completar o volume para 1 litro.</p> <p><b>Preparação da solução de sulfato ferroso:</b></p> <p>1. Colocar uma esponja de aço em 100 mL de solução de ácido sulfúrico 1/20 por 20min. armazenar em frasco ambar bem fechado.</p> <p><b>Montagem do sistema</b></p> <p>1. Em um copo de vidro comum, adicione 100 mL da solução do efluente e regule o pH entre 2-3 com 5 gotas aproximadamente da solução de ácido sulfúrico (<math>H_2SO_4</math> 1/20).</p> <p>2. Adicione 2 gotas da solução de sulfato ferroso (<math>FeSO_4 \cdot 7H_2O</math>) no efluente e agite.</p> <p>3. Adicione 0,31mL de peróxido de hidrogênio (<math>H_2O_2</math>) de concentração 35% e agite a solução.</p> <p>4. Em seguida, levar a solução para a caixa acoplada com a lâmpada U.V. para o início exposição a radiação, como mostra a figura 2.</p> <p>5. Nos intervalos entre 10 minutos, anote a coloração do líquido</p>	<p>Figura 2 – Caixa acoplada com lâmpada UV do experimento de foto-Fenton.</p>  <p>Fonte: Elaborado pela autora,2022.</p> <p>Figura 3 – Descoloração de solução do corante azul índigo.</p>  <p>Fonte: Elaborado pela autora,2022.</p>

<p>até chegar em 30 minutos, como demonstrado na figura 3. 6. Após a descoloração do corante retire o copo da caixa e neutralize o pH = 7 com 8 gotas aproximadamente da solução hidróxido de sódio (NaOH). Por fim, faça a filtração.</p>	
--	--

Fonte: Elaborado pela autora,2022.

A escolha em associar o experimento de POA do tipo foto-Fenton ao experimento de eletrofloculação se baseia no fato de esse tipo de processo oxidativo avançado vir sendo utilizado como uma alternativa dentro dos novos métodos de tratamento de rejeitos têxteis contaminados com corantes. No experimento foi possível demonstrar que, no processo foto-Fenton, há a presença da radiação ultravioleta (UV), que participa de uma reação para a geração de radicais HO•. Esses radicais são capazes de rapidamente atacar substratos orgânicos, como o índigo azul, causando a decomposição química por abstração de H e adição em ligações insaturadas carbono-carbono (C=C). Assim, os radicais hidroxila formados no foto-Fenton reagem destruindo os poluentes.

### **Momento pedagógico 5 – Observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA.**

Esse momento constou de uma atividade experimental em lavanderia de jeans. As ações realizadas neste momento pedagógico direcionado mais especificamente à observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA também incluem um experimento investigativo na forma de uma visita à lavanderia de jeans. As atividades experimentais da pesquisa são conduzidas pelo viés investigativo, com o estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, por meio da contextualização de conhecimentos, de modo que as atividades práticas permitam ricos momentos de estudo e discussão.

Depois de conhecer as etapas do beneficiamento do jeans, os estudantes aproveitaram para entender um pouco mais sobre o assunto, questionando o técnico, de forma que foi surgindo uma entrevista natural, sem ter sido planejado. Os estudantes puderam esclarecer as dúvidas. Aspectos da entrevista dos estudantes com o funcionário foram registrados nos relatórios e em áudios, com o auxílio do gravador de celular. As gravações de áudio foram transcritas e como outra forma de trabalho com as habilidades de escrita e síntese, e também para registro de dados, foi solicitado um relatório para os três grupos presentes.

### Momento pedagógico 6 - Retorno ao questionamento inicial e síntese do assunto

Os estudantes realizam proposições sobre a problematização inicial. Para isso, inicialmente, foram discutidos alguns questionamentos em um diálogo com a turma para proporcioná-los conhecimentos mais abrangentes articulados com os conteúdos CPA, provendo interpretação submicroscópica e comparando-a com as análises prévias.

O quadro 13 reúne as questões norteadoras que foram utilizadas nos momentos pedagógicos 2 a 5.

**Quadro 13** – Questões norteadoras utilizadas nos momentos pedagógicos (de 2 a 5).

MOMENTO PEDAGÓGICO	ATIVIDADE	QUESTÕES NORTEADORAS
Observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA	Leitura do material didático (produto educacional) Aula dialogada, com exibição de vídeos.	Os efluentes são soluções ou misturas heterogêneas? Que exemplos de soluções líquidas, gasosas e sólidas podem ser comumente encontrados no cotidiano? Que tipos de classificações normalmente são utilizadas para diferenciar as soluções líquidas?
	Atividade experimental em lavanderia de jeans.	Quais são os principais constituintes do denim, o tecido de jeans utilizado pelas confecções do Polo Têxtil do Agreste? Quais são as etapas do processo de beneficiamento de jeans por lavanderias de jeans da região? Qual é a principal substância responsável pela presença da coloração azulada dos efluentes das lavanderias de jeans? Como o beneficiamento de jeans se relaciona à oferta e à qualidade da qualidade da água da região?
Interpretação submicroscópica Expressão representacional	Leitura do material didático (produto educacional) Aula dialogada, com utilização de modelos moleculares.	Como é o processo de tingimento do jeans para deixá-los com diferentes tonalidades azuis? Qual é a relação entre esse processo e a geração de efluentes azulados?
Posicionamentos sobre a geração de resíduos	Realização do experimentos demonstrativos-investigativos.	Que tipos de tecnologias podem ser utilizadas para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região? Que vantagens e desvantagens estão associadas ao uso daquelas baseadas em processos oxidativos?
Retorno ao questionamento inicial e síntese do assunto	Proposições sobre a problematização inicial.	Como descolorir o efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans? Que tipo de influências as atividades de produção e comercialização de jeans no Agreste de Pernambuco para o meio ambiente e para a população da região?

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Posteriormente, houve a realização de uma atividade de produção textual, em sala de aula. Tratou-se da elaboração de um texto dissertativo-argumentativo, com o tema “O efluente

azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans”, voltado à defesa de um ponto de vista e elaboração de propostas de solução para aspectos relacionados à temática. Foram analisados os posicionamentos dos estudantes em relação as exposições dos significados CTSA nos aspectos: efluentes, beneficiamento de jeans, tratamentos de efluentes, produção e comercialização de jeans e poluição da água.

Para o procedimento analítico do *corpus* foram adotados elementos da Análise de Conteúdo, conforme descrito por Bardin (1977). Conforme Nunes et al. (2012), esse procedimento foi iniciado pela definição do parágrafo como a unidade de análise. Com base na literatura (Malaver et al, 2004), considerando-se os aspectos de cada dimensão, tanto individualmente a partir das possíveis relações entre essas dimensões, foram definidas, *a priori*, 15 (quinze) categorias de análise: C, T, S e A; CT, CS, CA, TS, TA e AS (interações binárias); - CTS, CTA, CSA e TAS (interações ternárias); e CTSA (interações quaternárias). A análise de conteúdo buscou se efetivar como um recurso analítico capaz de fornecer o sentido e o significado de cada texto.

As composições dos estudantes foram digitalizadas e seus conteúdos digitados. Foi realizada uma leitura flutuante de cada texto. As unidades de sentido foram destacadas, utilizando uma ferramenta digital para realçar as informações dos seus parágrafos com uma coloração característica a cada categoria de análise.

### **Momento pedagógico 7 – Avaliação**


Esse último momento, os estudantes são avaliados com o intuito de não apenas o entendimento conceitual e procedimental, mas também promovam capacidades atitudinais para tomadas de decisões das situações-problema. Eles elaboram explicações, provendo das interpretações entendidas da sequência didática.

Para Zabala (2014), a avaliação tem um papel muito importante para que os estudantes potencializem as suas capacidades de superar os problemas e os empecilhos que surgirão em todos os seguimentos de sua vida. Dentro dessa perspectiva, espera-se que o estudante proporcione uma reflexão profunda e permanente quanto á condições de cidadão e cidadã como também as características de uma sociedade que pretendemos.

A avaliação sobre o conteúdo mencionado na SDIP foi realizada por um questionário, aplicado aos estudantes nesse último momento (incluindo no produto educacional). Ele foi constituído de questões compostas de acordo com o quadro 14.

Os conceitos abordados nas questões não serão esgotados para a aprendizagem dos estudantes. Pretendemos que a avaliação amplie novas abordagens em relação aos seus conhecimentos prévios.

**Quadro 14 – Avaliação da SDIP.**

QUESTÕES PROPOSTAS	ASPECTOS ORIENTADORES
<p><b>1.</b> O Índigo é um dos corantes mais utilizados no mundo no processo de tingimento de tecidos jeans.</p> <p>a) Ele é insolúvel em água, entretanto, um pré-tratamento adequado desse composto aumenta a sua solubilidade. Como isso ocorre?</p> <p>b) Nessa solução, quais são o soluto e o solvente envolvidos?</p> <p><b>2.</b> Em um tanque de tingimento, foram adicionados 250 g de Índigo em 100 litros de água. A essa mistura foram adicionados <b>ditionito de sódio e hidróxido de sódio</b> em quantidades suficientes para a completa conversão do Índigo a leucoíndigo. Uma certa quantidade de fios brancos para tecido é adicionada ao tanque de tingimento da mistura preparada. Sabendo que apenas 60% do corante é absorvido pelos fios, quantos gramas de corante índigo restou no efluente têxtil?</p>	<p>Relações entre o conteúdo soluções e o contexto efluentes.</p>
<p><b>3.</b> Denim é o nome dado ao tecido de algodão feito pelo entrelaçamento de fios, conhecidos como urdume e trama. O tingimento estratégico dos fios antes do entrelaçamento dá origem a diferentes sarjas. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, qual parte da imagem apresenta um recorte de tecido com maior urdume com corante absorvido? Justifique sua resposta. Fonte: <a href="https://www.fashionbubbles.com/wp-content/uploads/2016/09/Jeans-Patchwork-258.jpg">https://www.fashionbubbles.com/wp-content/uploads/2016/09/Jeans-Patchwork-258.jpg</a></p> 	<p>Constituição e propriedades dos materiais do jeans.</p>
<p><b>4.</b> Em relação as técnicas de tratamentos de efluentes têxteis realizadas experimentalmente:</p> <p>a) O que você entendeu sobre a eletrofloculação?</p> <p>b) O que você entendeu sobre os Processos Oxidativos Avançados (POA)?</p> <p>c) Qual seria a mais adequada custo/benefício no tratamento de efluentes para a região Agreste Pernambuco? Justifique a sua resposta.</p> <p><b>5.</b> Quais as suas considerações sobre a técnica de tratamento de efluentes na empresa de lavanderia visitada? É eficaz? Justifique a sua resposta.</p> <p><b>6.</b> Que etapa da produção do jeans você considera mais poluente?</p>	<p>Aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans.</p>
<p><b>7.</b> Que aspecto você destaca sobre a importância da produção de jeans para a população da região?</p>	<p>Reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional.</p>
<p><b>8.</b> Após o tingimento e lavagem dos fios para a remoção do excesso de corante, sobra muita água contendo corante e outros materiais.</p> <p>a) É indicado lançar esse efluente ou água de lavagem, sem tratamento em rios e lagos? Por quê?</p> <p>b) Que medidas devem ser tomadas para reuso desses efluentes ou pré-tratamento para descarte?</p>	<p>Implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente.</p>
<p><b>9.</b> O material didático utilizado (cartilha) contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem? Por quê?</p>	<p>Validação da SDIP</p>
<p><b>10.</b> A quantidade de conteúdos desenvolvidos foi condizente com o número de aulas para a execução das atividades planejadas?</p>	

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.



### 3.3 Coleta, tratamento e análise dos dados

Os dados foram coletados por meio dos seguintes instrumentos: questionários, relatórios, gravações, registros textuais e registros fotográficos.

O material didático desenvolvido para a SDIP atuou como um diário para registro de observações e de hipóteses dos estudantes, referentes aos problemas da problematização inicial e das questões dos experimentos investigativos-demonstrativos.

Os dados dos questionários e os registros textuais foram analisados a partir de cada questão formulada. Eles foram tratados e analisados conjuntamente, de acordo com os pressupostos teóricos e metodológicos relativos à Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), considerando-a como

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2011, p. 48).

Os conteúdos gerados foram descritos por meio de três procedimentos sistemáticos: o inicial, caracterizado por uma primeira leitura geral/flutuante dos dados para uma análise preliminar; o segundo, quando se fez a leitura mais aprofundada do material, de modo a organizar os dados em classes de respostas (categorização), definidas à posteriori e indicadas nas discussões dos resultados; e o terceiro, que é assinalado pela interpretação dos dados obtidos.

A abordagem quantitativa, relativa à estatística descritiva, foi usada para reforçar o aspecto qualitativo da pesquisa. Ela foi empregada para mensurar a frequência com que apareceram determinadas características do conteúdo nas interpretações de dados coletados.

As apresentações dos dados e discussões dos resultados foram baseadas em argumentações apoiadas em diferentes formas de registros, como falas e ilustrações. Os estudantes foram identificados por nomes fictícios dos participantes: Kyan, Jonas, Milena, Manuely, Lorena, Cecília, Laryssa, Marie, Nythan, Abelhinha, Midas, Tom, Lia, Analu e Sen77, garantindo o anonimato assegurado que nenhum constrangimento seria gerado a esses estudantes. Todas as falas dos estudantes foram marcadas em itálico para que sejam distinguidas das demais ideias apresentadas no decorrer do texto.

### 3.4 Validação da Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP)

A validação da SDIP foi realizada por dois pesquisadores da área a SD, sob a perspectiva da realidade educacional (nível de ensino médio), social e cognitiva do público alvo a que a sequência se destina.

### 3.5 Desenvolvimento de um produto educacional

Foi desenvolvido um produto educacional, na forma de uma cartilha digitalizada, intitulada “Jeans: o que está por trás?”. Ela foi criada pela professora-pesquisadora na plataforma Canva®, uma plataforma de design gráfico, e disponibilizada em dois meios digitais: um estático, no formato *Portable Document Format* (PDF); e um dinâmico, no formato MP4. A escolha pela plataforma ocorreu por causa de o site canva.com também disponibilizar o conteúdo criado em arquivo de diferentes extensões/formatos.

A cartilha continha as atividades da SDIP e sua estruturação foi baseada em Delizoicov (1991), que traz uma interpretação sobre os temas geradores, fundamentado nas proposições freirianas. A criação de conteúdo temático para a cartilha considerou que a temática resulta de um processo denominado de investigação/redução. Para tanto, inicialmente, foi realizado um levantamento das condições da localidade. Então, foram feitas visitas a instalações comerciais de Santa Cruz do Capibaribe e de Toritama, relacionadas à produção, beneficiamento e comercialização de vestimentas de jeans. Junto a isso, efetuou-se um levantamento sobre matérias jornalísticas e coletadas informações sobre os conteúdos contextuais (CPA). A partir disso, foi procedida a escolha de situações e de suas codificações, selecionando-se as contradições entre impactos positivos e negativos na região, dentro das dimensões CTAS. Dispostos esses elementos, foi elaborado um enredo e um roteiro contendo uma discussão problematizadora dos elementos contidos nas codificações, criando uma trama em torno dos efluentes das lavanderias de jeans. Após esses procedimentos, foi realizado uma seleção de imagens da internet, estáticas e dinâmicas (*gifs* e vídeos), que fossem interessantes para os estudantes, para serem incorporadas ao texto final.

Um vídeo contendo uma apresentação do material pela professora-pesquisadora foi produzido e inserido nas páginas iniciais. Em sua produção, foram utilizados programas para captura e edição de vídeos e de áudio. Também foram usados para diminuir alguns ruídos externos e para corrigir alguns erros cometidos. Esse material didático foi utilizado nas atividades da SDIP. Ele também se constituiu como instrumento de coleta de dados da pesquisa.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este capítulo traz a apresentação e discussão dos resultados da análise dos dados coletados nas atividades relacionadas à Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP). Para fins de sistematização, a abordagem seguida nesta parte do texto dissertativo segue uma organização correspondente a um relato descritivo-analítico das etapas desenvolvidas nos momentos pedagógicos: i) sondagem de saberes dos estudantes com a problematização da pesquisa; ii) modelagem: construção de modelos moleculares nas formas reduzida e oxidada do corante índigo; iii) demonstrações experimentais das técnicas de eletrofloculação e POA; iv) visita a uma lavanderia industrial da região; e v) avaliação da SDIP.. Esses momentos pedagógicos estão detalhados nos itens a seguir.

### **4.1 As concepções iniciais dos estudantes e a problematização sobre aspectos relacionados ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans**

O primeiro momento, de questionamento inicial, ocorreu na sala de vídeo da escola, onde foram reunidos os 15 (quinze) estudantes participantes da pesquisa. A professora-pesquisadora distribuiu o material paradidático desenvolvido para a SDIP (Jeans: o que está por trás?), que foi utilizado em todos os momentos pedagógicos e que continha o questionário inicial. Houve a apresentação da pesquisa e uma explicação sobre as etapas da intervenção pedagógica. Antes ansiosos e curiosos por esse momento, os estudantes ficaram motivados, demonstrando um interesse inicial em estudar conteúdos químicos vinculados a uma temática que lhes é tão família: o jeans. Em seguida, aplicou-se o questionário para levantamentos dos conhecimentos prévios relacionados aos conteúdos nas dimensões CTSA, associado ao contexto do Agreste de Pernambuco, particularmente de Santa Cruz do Capibaribe e de Toritama, quanto a: efluentes têxteis; beneficiamentos de jeans; tratamentos de efluentes; produções e comercializações do Jeans; e tipos de poluição da água.

A avaliação inicial sobre os conhecimentos e concepções dos estudantes pelas análises das respostas ao questionário permitiu, inicialmente, verificar algumas relações entre o conteúdo soluções e o contexto efluentes. Os dados indicaram um entendimento limitado dos estudantes sobre os efluentes têxteis provenientes do beneficiamento do jeans por lavanderias da região. As respostas atribuídas pelos participantes à questão 1 (O beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região leva à formação de efluentes. Você sabe o que são efluentes

líquidos? Caso sua resposta seja positiva, dê alguns exemplos”) estão sistematizadas no quadro 15.

**Quadro 15** – Compreensões dos estudantes sobre os efluentes líquidos, em resposta à questão 1.

EFLUENTES LÍQUIDOS		
SUB-CATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DE FALAS DOS PARTICIPANTES
Poluentes	1	<i>“Estes efluentes líquidos são os poluentes que são gerados pelos jeans”</i> (Kayn)
Água contendo produtos químicos	1	<i>“Infelizmente não sei dizer ao certo, o que vem em mente é que seja uma água cheia de produtos químicos feita apenas para essa função”</i> (Tom)
Desconhecem	13	<i>“Não sei, porém, estou curioso para descobrir”</i> (Midas)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Apenas 2 (dois) estudantes elaboraram respostas que apresentam certa associação com aspectos que caracterizam os efluentes têxteis. Um deles, Kayn, realizou uma associação com o aspecto poluição e o outro (Tom) traz uma visão que guarda indícios da ideia de mistura. No entanto, ambos, não mencionaram exemplos. Por outro lado, os outros 13 (treze) estudantes, 87%, afirmaram que não entendiam a definição de efluentes têxteis.

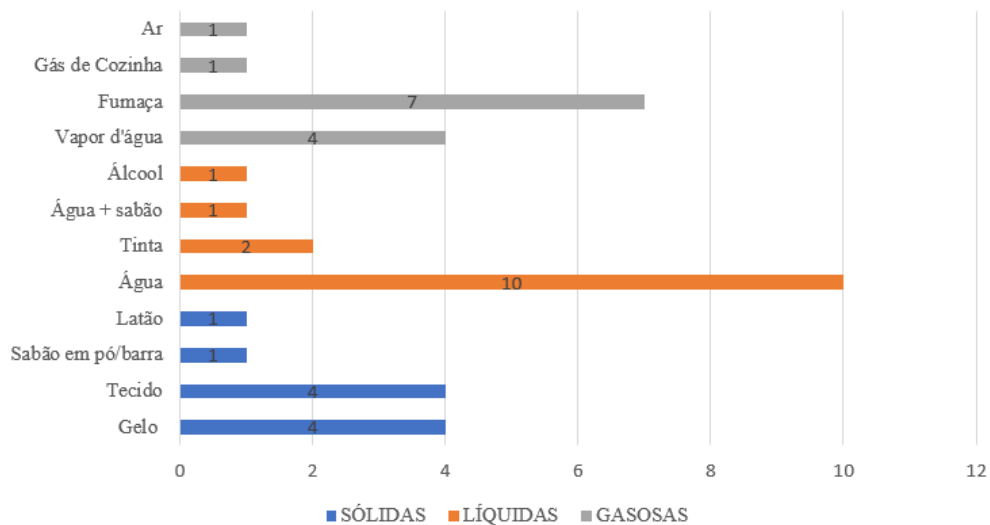
A maioria das respostas da questão 1, indicaram que o grupo não apresentava o entendimento que efluentes têxteis são soluções aquosas que necessitam de tratamentos químicos, físicos e/ou biológicos antes de serem lançados nos corpos d’água, para que sejam minimizados os impactos ambientais, conceituação geral para esse tipo de afluente, conforme discutem Peixoto, Marinho e Rodrigues (2013). Esse tipo de situação pode acabar influenciando suas compreensões sobre os impactos gerados pela indústria local de confecção do jeans. Conforme já documentado na literatura e apontado por Kyan, o processo de tingimento e lavagem do jeans geram efluentes têxteis poluentes, pois contamina o ambiente de sua descarga, pelo lançamento de pigmentos e outras espécies químicas que promovem grandes variações de pH, demanda alta de oxigênio e elevada toxicidade. Porém, conforme já destacado anteriormente, neste texto e em outro momento (Cabral; Marcelino Jr., 2022), no caso das lavanderias, os corantes utilizados para tingimento estão entre os principais poluentes descartados.

Outro ponto levantado foi em relação aos distintos tipos de soluções comumente encontradas no cotidiano - líquidas, gasosas e sólidas – para as quais foi solicitado um exemplo para cada uma (questão 2). Os estudantes indicaram diferentes exemplos, como pode ser conferido na figura 7. Os participantes indicaram um total de 4 (quatro) exemplos para cada um dos tipos de soluções. Nenhum estudante indicou os 3 (três) exemplos solicitados; 14

(catorze) indicaram exemplos de soluções líquidas e gasosas, enquanto somente 10 (dez) exemplificam as soluções sólidas. Fumaça e vapor d'água, tecido e gelo, e água foram os exemplos mais ocorrentes de soluções gasosas, sólidas e líquidas, respectivamente, encontradas no cotidiano. Outros exemplos de soluções foram: líquidas - tinta, álcool e água mais (com) sabão; gasosas - gás de cozinha e ar atmosférico; sólidas – latão, sabão em pó/barra, tecido e gelo.

**Figura 7** –Exemplos de soluções sólidas, líquidas e gasosas indicados pelos estudantes.

**QUANTIDADE DE EXEMPLOS DE TIPOS DE SOLUÇÕES, COMUMENTE ENCONTRADAS NO COTIDIANO, INDICADAS PELOS ESTUDANTES**



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Verificou-se que uma parcela dos estudantes considerou as formas da água, em 3 (três) estados físicos da matéria, como exemplo de soluções. Nesse caso, 4 (quatro) participantes (40%) indicaram o gelo como um exemplo de solução sólida e outros 4 (quatro) o vapor d'água como de solução gasosa. Por sua vez, 10 (dez) participantes, 67%, exemplificaram a água como exemplo solução líquida. No entanto, essa informação não indicava qual o tipo de água estava sendo considerado, pois, a água “pura”, é uma substância composta ( $H_2O$ ) e não uma solução, mas a água da torneira, água mineral e água da chuva, por exemplo, são soluções aquosas relacionadas ao cotidiano dos estudantes. A incerteza sobre o porquê dessa escolha aumenta quando ao se comparar a frequência da indicação da água como um exemplo de uma solução líquida com as frequências do vapor d'água e do gelo como exemplos de soluções gasosas e sólidas, respectivamente.

Os estudantes não indicaram diferentes tipos de soluções líquidas. Quando responderam à questão que versava sobre esse aspecto (questão 3), eles utilizaram classificações inapropriadas (soluções “pastosas”) ou indicaram o que consideravam

exemplos de soluções líquidas (tais como: detergentes, umectantes, corantes, tinta e água). Classificar é uma habilidade a ser desenvolvida no ensino escolar e a classificação é um procedimento importante na química e no ensino de química. Promover e utilizar classificações das soluções também é um recurso didático para organização do conteúdo e do ensino-aprendizagem. Tipos diferentes de classificações de soluções líquidas, por exemplo, com base em graus de saturação e de acidez, são comumente utilizados na química e nas atividades do cotidiano. Dentro do grupo investigado, ao menos a partir do questionamento efetuado, os estudantes não conseguiram fazer essa interligação.

Considerando os resultados obtidos nessas primeiras questões, constatou-se que ainda não havia indícios para afirmar que os estudantes expressassem o entendimento geralmente utilizado para o termo soluções, conforme em Russel (1994, p. 555), “misturas homogêneas e podem ser sólidas, líquidas e gasosas”.

Uma síntese da análise das concepções que os estudantes tinham antes da SDIP quanto à constituição do denim, componente do jeans, foi realizada a partir das respostas à questão 4 (O tecido de jeans utilizado pelas confecções do Polo Têxtil do Agreste é chamado de denim. Você sabe quais são os principais constituintes desse material? Caso sua resposta seja positiva, descreva-os.). A síntese dessa análise é resumida no quadro 16.

**Quadro 16** – Compreensões dos estudantes sobre os constituintes do denim, componente do jeans.

CONSTITUINTES DO DENIM		
SUB-CATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Matéria-prima: algodão	1	“Jeans, algodão, usados para fazer roupa” (Midas)
Matéria-prima: tecido	4	“Não muito, sei que tem tecido, e um cheiro diferente de outras roupas que eu já tenho usado” (Tom)
Desconhecem o denim	10	“Não tenho conhecimento de como funcionam a constituição do denim” (Kayn)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Apenas um participante da pesquisa, Midas, associou o denim ao algodão. Outros 4 (quatro), 27%, relacionaram o constituinte do denim um tecido, como o próprio tecido do jeans. Já a maioria dos estudantes, 10 (dez), 67%, indicaram não ter conhecimento sobre o denim, conforme Kyan o fez. Desse modo, com exceção de um estudante, as respostas desse grupo expressaram essa negativa ou uma falta de compreensão do termo, uma vez que o denim é um tecido formado de algodão, constituído por aproximadamente 90% de celulose, e tingido com corante índigo, antes proveniente de fonte natural (de plantas do gênero *Indigofera*,) e hoje por via sintética, a partir da oxidação da anilina. Inicialmente desenhado, ao final do século XIX, para atender à necessidade das vestimentas com tecido resistente dos

trabalhadores mineiros, desde a década de 1980 a produção e a comercialização de vestimentas jeans são efetuadas no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco. Portanto são 4 (quatro) décadas de utilização do denim na região na qual a totalidade desses estudantes nasceram, residem e desempenham prioritariamente suas atividades cotidianas.

As respostas às 4 (quatro) questões relacionadas às “aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans”, questões 5 a 8, expressaram os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as etapas do beneficiamento de jeans, incluindo o tingimento, sua relação com a oferta e a qualidade da água, e sobre tipos de tecnologias podem ser utilizadas para tratar os corantes de efluentes lavanderias da região. Uma apresentação da análise sobre as etapas do beneficiamento (questão 5) é mostrada no quadro 17.

**Quadro 17** – Compreensões dos estudantes sobre as etapas do processo de beneficiamento do jeans.

ETAPAS DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO JEANS		
SUB- CATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Lavagem	5	<i>“Sim, mas não completamente, sei que esse processo é usado para que o jeans ficar utilizável e seus processos são desde a limpeza por água até outros produtos”</i> (Jonas)
Tingimento	3	<i>“Pintam e depois lavam”</i> (Lorena)
Desengomagem	1	<i>“Na primeira etapa acontece o processo de desengomar, no segundo é feito o tingimento e no terceiro acontece a lavagem”</i> (Analu)
Corte, separação de tecido, secagem e costura	1	<i>“Sei mais ou menos, sei que tem o processo de corte, de separação de tecidos, de lavagem, secagem e por fim a costura”</i> (Sen77)
Etapa com uso de produtos químicos	1	<i>“Produtos químicos, produtos clareadores, carbonato de sódio”</i> (Laryssa)
Desconhece as etapas	10	<i>“Não conheço esse processo”</i> (Marie)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A etapa de lavagem foi indicada por 5 (cinco), 38%, e o tingimento por 3 (três) estudantes. Outras etapas citadas foram desengomagem e secagem, além das operações voltadas à manipulação do tecido – corte, separação e costura. Apesar de ocorrerem respostas, 33%, envolvendo termos comumente utilizados nas lavanderias industriais, a maioria dos participantes da pesquisa, 77%, mostrou desconhecer as principais etapas do processo de beneficiamento do jeans. Como foi percebido na fala de Jonas, essa questão permitiu verificar que, nesse grupo, de modo geral, há desconhecimento ou limitações quanto às etapas de beneficiamento:

*“Sim, mas não completamente, sei que esse processo é usado para que os jeans ficar utilizável e seus processos são desde a limpeza por água até outros produtos” (Jonas)*

Existem vários tipos de lavados em lavanderias industriais de beneficiamento de jeans. Alguns envolvem processos manuais como riscar, lixar a peça, usar navalha e estilete, por exemplo. Outros envolvem processos mecânicos como máquina de lavar, centrífuga, secador e ferro de passar. Conforme Almeida (2013) destaca que ocorre em diferentes locais, dentro das lavanderias industriais do Polo Têxtil do Agreste, o jeans é passado, pelo menos, no lavado simples, um processo também chamado lavagem clássica ou amaciado. As etapas de um lavado simples primeiramente se desenvolvem pelo setor de recepção (recebimento da peça e identificação do protocolo do lavado). Em seguida, no setor de lavagem, ocorre desengomagem e o amaciamento, para que, no setor de secagem, sejam realizadas a centrifugação e a secagem. Então, no setor de passadoria, utiliza-se ferro a vapor na peça e, para finalizar, no setor de expedição, a peça é embalada para distribuição. A quantidade de lavanderias que utilizam esses processos cresceu bastante na região, principalmente em Toritama, porém, as informações relacionadas a esse processo, aparentemente, não têm tanta circulação local, particularmente dentro das relações com as quais esses participantes vivenciam.

A visão sintética da análise das compreensões dos estudantes sobre a influência do beneficiamento de jeans na oferta e na qualidade da água da região (questão 6) está apresentada no quadro 18.

**Quadro 18** – Compreensões dos estudantes sobre a influência do beneficiamento de jeans na oferta e na qualidade da água da região.

INFLUÊNCIAS DO JEANS NA OFERTA E NA QUALIDADE DA ÁGUA DA REGIÃO		
SUB- CATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Poluição do rio Capibaribe	6	“Porque aqui perto de onde moramos por exemplo, o rio fica de certa forma ‘poluído’ por causa do beneficiamento, por causa de quando solta suas tintas” (Sen77)
Aumento do consumo de água	2	“Precisa muito da água em todo o seu processo de beneficiamento” (Lorena)
Importância da água	1	“É bastante importante, e cada vez mais se tem melhoria” (Laryssa)
Desconhecem.	6	“Não tenho conhecimento sobre o assunto” (Lia)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.



Alguns estudantes, 6 (seis) ou 40% dos participantes, indicaram que a qualidade de água é influenciada pelo beneficiamento do jeans, poluindo o rio Capibaribe, como pode ser visto na fala de Sen77. Outros 2 (dois) afirmaram que esse processo aumenta o consumo de água e 1 (uma) estudante, Laryssa, estranha e equivocadamente, afirmou que o processo melhoraria na qualidade da água. Além disso, outros 40% do grupo deram respostas afirmando ou indicando desconhecimento sobre o assunto, segundo Lia o fez.

A poluição nas fontes aquáticas causada pelas lavanderias de jeans é um problema desse contexto socioambiental e os estudantes, em sua grande maioria, não conhecem ou reconhecem essa situação. O Agreste de Pernambuco é marcado pela distribuição desigual de chuvas, escassez de água e degradação dos recursos hídricos. Assim como destacam Pereira *et al* (2016), para a mesorregião como um todo, em Santa Cruz do Capibaribe e em Toritama, tais aspectos vêm acarretando impactos severos nos arranjos produtivos, na saúde, na qualidade de vida e na preservação dos ecossistemas regionais e locais, ou seja, afetando o contexto no qual os estudantes estão diretamente inseridos. Por exemplo, caminhando pelas ruas da cidade de Toritama, é possível observar o descarte de água residual não tratada, com coloração intensa, proveniente das lavanderias. Rapidamente, elas desembocam no rio Capibaribe, que fica à margem de muitas lavanderias industriais, e lhe lançam altas cargas poluidoras. Portanto, a promoção da consciência para a preservação das fontes aquáticas deve ser uma questão recorrente, inclusive nas escolas.

Continuando o levantamento sobre as concepções dos estudantes sobre as aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans, a análise do questionário se direciona à sétima questão, que versou sobre o tingimento. O quadro 19 traz uma síntese da análise das respostas dos estudantes para explicar as diferentes tonalidades azuis obtidas no processo de tingimento.

**Quadro 19** – Compreensões dos estudantes sobre o processo de tingimento de jeans para deixá-lo com diferentes tonalidades azuis

<b>TINGIMENTO DE JEANS PARA DEIXA-LO COM DIFERENTES TONALIDADES AZUIS</b>		
<b>SUB- CATEGORIAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES</b>
Múltiplas lavagens	3	“Sim, acaba passando por lavagens mais vezes e se desgastando e ficando mais claro” (Manuely)
Tintas de diferentes tons nas lavagens	3	“Creio que cada lavagem tem um corante diferente” (Analu)
Produtos oxidantes e lavagem do tecido	1	“Pelos produtos oxidantes, que dá uma cara mais azulada e também pode ser utilizado para uma limpeza de tecido” (Laryssa)
Não conhecem o processo de tingimento	8	“Infelizmente não terei como explicar, pois, eu não conheço esse processo” (Tom)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Mais da metade dos estudantes, 53%, afirmaram não conhecer o processo de tingimento, como exemplificado na fala de Tom. Dos outros 47%, 3 (três) disseram que a mudança das tonalidades é devida ao quantitativo de lavagens, ou seja, quanto mais lavagens mais a tonalidade clareia; outros 3 (três) associaram cada lavagem a um tipo de corante diferente; enquanto 1 (um), cita que os produtos oxidantes dariam o efeito de clareamento nas peças.

Os processos para o beneficiamento do denim e de suas combinações têxteis são inúmeras e vêm aumentando a cada dia. No processo de tingimento, a fixação do corante no tecido depende do tipo de lavagem. Similarmente ao descrito por Figueiredo e Calvacante (2010), nas lavanderias locais, para se adquirir a tonalidade azulada almejada, inicialmente, o denim é jogado em tonéis de corante índigo sintético. Posteriormente, o desgaste é adquirido por repetidas lavagens e enxágues, conforme indicado por 3 (três) estudantes. Em geral, para se obter uma tonalidade média, o tempo de contato da peça com a solução corante é mais curto; para uma mais escura, a exemplo do azul marinho, o efeito é dado a partir do duplo tingimento da peça. Portanto, diferentemente do que foi citado por alguns estudantes, o tempo de contato exerce um importante papel. Outra forma de ter peças com tonalidades mais claras é a descoloração da peça com produto oxidante, diferentemente do posicionamento de que disse que a peça fica mais escura.

Os alvejantes, conhecidos como branqueadores, são uma das opções mais utilizadas na indústria moda como produtos oxidantes. Algumas lavanderias, incluindo as do Polo Têxtil do Agreste, ainda usam alvejantes à base de cloro. No entanto, eles necessitam de muito cuidado no manuseio, pois os produtos à base de cloro, como o hipoclorito de sódio, podem formar compostos orgânicos halogênicos em águas residuais, que podem ser acumulados nos organismos vivos provocando doenças cancerígenas. Por isso, para amenizar esses transtornos com a população, novos produtos oxidantes têm sido empregados, tanto alguns já conhecidos no mercado há algum tempo - como água oxigenada e ozônio – quanto aqueles resultantes de tecnologias mais avançadas e sustentáveis, como as enzimas.

A análise das respostas à questão 8 se voltou a identificar quais os tipos de tecnologias que podem ser utilizados para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região, cuja síntese é apresentada no quadro 20.

**Quadro 20** – Compreensões dos estudantes sobre tipos de tecnologias para os tratamentos dos corantes dos efluentes têxteis.

<b>TIPOS DE TECNOLOGIAS PARA OS TRATAMENTOS DOS CORANTES DOS EFLUENTES TÊXTEIS</b>
--

SUB- CATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Tratamentos físico-químicos/ biológicos	3	“Tecnologias como limpeza das águas, pós beneficiamento, são chamados de tratamento físico químico e tratamento biológico” (Sen77)
Produtos químicos	2	“São removidos utilizando produtos específicos” (Lorena)
Máquinas especializadas	1	“Máquinas especializadas para isso” (Midas)
Desconhece o assunto	9	“Desconheço destas tecnologias” (Nythan)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A maior quantidade de estudantes, 9 (60%), afirmou ou demonstrou não ter conhecimento sobre as tecnologias voltadas para os tratamentos dos corantes de uma lavanderia industrial, conforme Nythan. Como é ilustrado na fala de Sen77, 3 (três) participantes indicaram os tratamentos físico-químicos/biológicos como tipo de tecnologia para tratamentos de corantes de efluentes, enquanto 2 (dois) deles citaram o tratamento com o uso de produtos químicos. Com isso, esses estudantes listaram métodos convencionais de tratamentos.

Apesar da existência de outras tecnologias, em certos efluentes, ainda há uma necessidade da utilização inicial desses métodos. Por exemplo, os processos de coagulação e de separação por flotação ou sedimentação são técnicas físico-químicas associadas a tratamento biológicos, e apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, deixam a desejar na remoção de cor e de compostos orgânicos presentes nos efluentes. Nesses casos, há outras técnicas físico-químicas mais avançadas, com equipamentos mais eficientes, como as máquinas especializadas voltadas aos tratamentos dos corantes, característica alinhada à proposição de um dos estudantes, Midas. Entre essas técnicas, destacam-se os tratamentos de oxidação química, a exemplos os Processos Oxidativos Avançados (POA) e a eletrofloculação.

A análise dos conhecimentos prévios dos estudantes quanto às aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans revelou, em geral, pouco conhecimento sobre as etapas do beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região e como esse processo se relaciona à oferta e à qualidade da água da região. Em sua grande maioria, eles afirmaram desconhecer ou não apresentaram explicações técnico-científicas apropriadas sobre o processo de tingimento do jeans para deixá-los com diferentes tonalidades azuis. Adicionalmente, embora poucos reconheçam que técnicas físico-químicas/biológicas, novamente, em sua grande maioria, os participantes da pesquisa desconhecem tipos de tecnologias podem ser utilizadas

para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região, incluindo os métodos mais modernos, conforme as técnicas que foram trabalhados na SDIP.

As respostas dos estudantes à questão 9 também permitiram que se pudesse ter uma ideia sobre suas visões acerca do reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional. O quadro 21 retrata esse aspecto.

**Quadro 21** – Compreensões dos estudantes sobre a influência da atividade de produção e comercialização de jeans no Agreste de Pernambuco.

<b>INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE JEANS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO</b>		
<b>SUB- CATEGORIAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES</b>
Grande impacto na economia	13	“É de grande importância, visto que participa da economia da nossa região” (Abelhinha) É bom para os fabricantes do produto, para renda e economia da região” (Cecília)
Desconhece o assunto	2	“Não sei como avaliar” (Nythan)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A maior parte do grupo, 13 (87%), indicou que a produção e a comercialização de jeans exercem uma influência social positiva, sendo responsável por um grande impacto na economia, como pode ser visto nas falas de Abelhinha e Cecília. Já Nythan e outro estudante afirmaram desconhecer esse assunto. Apesar de não haver uma unanimidade na exposição dessa ideia, enquanto grupo, verificou-se em seus reconhecimentos quanto à relevância social dessa atividade, implicando em uma leitura desse contexto.

Encerrando o levantamento de concepções existentes sobre aspectos da temática, a questão 10 do questionário permitiu analisar nas respostas dos estudantes suas concepções sobre as implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente, tanto no contexto urbano local quanto para o bioma Caatinga, como mostra o quadro 22.

**Quadro 22** – Compreensões dos estudantes sobre implicações dos lançamentos dos efluentes para o meio ambiente.

<b>IMPLICAÇÕES DOS LANÇAMENTOS DOS EFLUENTES PARA O LOCAL E PARA O BIOMA CAATINGA</b>		
<b>SUB- CATEGORIAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES</b>
Poluição de fontes aquáticas	9	“As implicações foi a parte dos rejeitos das lavanderias, que as vezes são lançados de forma clandestina” (Laryssa)
Uso exagerado de água	1	“Acredito que a maior implicação seja o gasto de água, pois é usado uma quantidade grande de água, assim

		prejudicando o uso necessário de quem precisa” (Midas)
Desconhece o assunto	5	“Não tenho exemplos desse tema” (Cecília)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A maior parte dos estudantes, 67%, conforme Laryssa, informou que a poluição de fontes aquáticas é a grande implicação ambiental dos efluentes provenientes das indústrias têxteis, especificamente as lavanderias industriais. Midas indicou que a implicação do lançamento de efluente têxtil é o consumo d’água, prejudicando a distribuição convencional, para residências ou outras atividades. Além disso, mais uma vez, um importante parcela considerável dos participantes, 33%, desconhecem o assunto e não indicaram exemplos, segundo visto na fala de Cecília.

Os conhecimentos prévios dos estudantes foram respeitados e considerados, para uma educação problematizadora, como em Freire (2005; 2006). No entanto, tendo-se a clareza que o questionário permitiu coletar um conjunto de informações que indicaram que, apesar de estarem imensos em um contexto tecnológico e socioambiental marcado pelos impactos positivos e negativos da produção e comercialização de vestimentas de jeans, os conhecimentos dos estudantes exibidos em suas respostas sobre o processo de beneficiamento local em lavanderias industriais apresentaram limitações. Isso inclui os aspectos CTSA, em especial quanto à constituição do denim, principal componente do jeans, das etapas de seu beneficiamento e das implicações causadas pelos efluentes gerados nesse processo, que exigem a adoção de medidas para o seu tratamento, antes de alcançar os corpos d’água.

A leitura inicial das respostas, quando da entrega dos questionários (assim como revelou a posterior análise dos resultados obtidos), geraram uma expectativa na professora-pesquisadora quanto à potencialidade da SDIP com a realidade desses estudantes. Corroborando com propostas envolvendo situações similares, descritas por Merchán (2011), esse conhecimento limitado exibido pelo grupo foi tomado como uma motivação. Motivação essa acrescida pela expectativa que a SDIP veiculasse situações que contextualizassem os aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais da região, e contribuísse para o aumento do interesse e do reconhecimento da importância desses conteúdos pelos estudantes para a solução de problemas do seu próprio cotidiano. Adicionalmente, no sentido proposto por Tozoni-Reis (2006), após o levantamento, das concepções prévias, ratificou-se a leitura inicial da necessidade formativa dentro de uma temática tão próxima aos estudantes, mas, ao mesmo tempo, conceitualmente ainda distanciada. Com isso, potencializou-se o interesse que a SDIP contribuísse de uma forma ainda mais intencional para proporcionar aos estudantes o

ato de compreender, refletir, aguçar o senso crítico e agir para as tomadas decisões em relação os impactos da atividade de beneficiamento do jeans. Foi assim, que, após a aplicação do questionário, ainda na sala de vídeo, realizou-se a apresentação do vídeo e discussões sobre conhecimentos e posicionamentos em CTSA. Depois, apresentou-se o problema geral que orientou a SDIP.

O vídeo continha imagens sobre a indústria do jeans no Agreste, incluindo o lançamento de efluentes de lavanderias nos corpos d'água. Logo após a exibição, os estudantes realizaram uma associação de termos às dimensões CTSA para se ter informações adicionais de como eles compreendem as implicações dos efluentes têxteis nos contextos social, econômico, tecnológico e ambiental. A partir da solicitação do registro de 3 (três) termos para cada dimensão CTSA, nos seus respectivos materiais didáticos, foi montada a nuvem de palavras apresentada na figura 8, na qual, cada uma dimensão CTSA está representada por uma cor.

**Figura 8** – Nuvem de palavras das implicações dos efluentes têxteis no contexto CTSA, segundo os estudantes.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Não houve qualquer indicação de termos para a dimensão ciência, ou seja, nenhum estudante indicou, ao menos, um termo associado ao aspecto científico dos efluentes. A partir dessa perspectiva, percebe-se que o entendimento dos estudantes com o termo “Ciência” não estava vinculado à palavra “Química”, já que esse termo é mais frequente usada no ensino fundamental. Quanto a aspectos tecnológicos, eles indicaram as palavras ‘tratamentos’, ‘modernização’, ‘inovação’, ‘maquinário’. Assim como nas respostas ao questionário, os aspectos técnico-científicos não estabelecem uma relação mais explícita sobre a questão do tratamento de efluentes têxteis, embora seja perceptível a indicação da necessidade de um tratamento, inclusive com o uso de equipamentos. Tal situação destacou ainda mais a significância de se contemplar essas dimensões dentro da abordagem, inclusive porque, como destacam Firme e Amaral (2009), no contexto escolar é preciso de ações que preparem o cidadão de forma crítico e participativo para buscar soluções que minimizem os impactos socioambientais produzidos pela tecnologia.

A dimensão social foi bem mais associada à temática, com o termo ‘comércio’ tendo apresentado a maior frequência nas respostas dos estudantes. Essa prioridade associativa corresponde ao dinamismo e à influência que a indústria de jeans possui no contexto da região, já que o agreste de Pernambucano possui várias confecções, que há anos, conforme destacado por Souza (2012), fornece milhões de peças de vestuário tanto ao mercado nacional quanto internacional. Outros termos associados ao contexto econômico foram: gastos, lucro, vendas, dinheiro e humanidade. Apesar de ainda contar com grande informalidade, as confecções de tecido são responsáveis pela geração de emprego e renda para os habitantes dos municípios que englobam o Polo Têxtil do Agreste, representando a realidade de alguns familiares dos estudantes da escola, que trabalham no setor.

Os aspectos da dimensão ambiental foram prioritariamente vinculados à poluição, termo mais indicado pelos estudantes, que foi associado a outros: sujeira, destrutivo e lixo. Essa associação reflete a situação vivenciada no contexto, uma vez que as lavanderias de jeans causam um impacto ambiental nos recursos hídricos, que é a poluição das águas devido o descarte incorreto dos efluentes têxteis. Tal situação ocorre a céu aberto e tem sido descrita e alertada por diferentes órgãos e pesquisadores, corroborando com as falas Silva Filho et al. (2021).

Os resultados das respostas ao questionário e da associação de termos às dimensões CTSA, que resultaram na nuvem de palavras, se colocaram como indicativos que a temática “efluentes de lavanderias de jeans” traria uma potencialidade para o desenvolvimento de

propostas mais centradas nos contextos de vivência social, ambiental e tecnológica desses estudantes.

Dando continuidade à abordagem, o conteúdo do vídeo foi retomado e discutido. As informações do vídeo também contemplaram questões sobre problemas ambientais constatados nas atividades das lavanderias. Nesse momento, retomaram-se os aspectos inseridos e suprimidos pelos estudantes nos questionários e nas listas que originaram a nuvem de palavras. As seguintes questões norteadoras foram apresentadas e retomadas ao longo desse processo: Os efluentes são soluções ou misturas heterogêneas? Que exemplos de soluções líquidas, gasosas e sólidas podem ser comumente encontrados no cotidiano? Que tipos de classificações normalmente são utilizadas para diferenciar as soluções líquidas? Tais aspectos estimularam a abordagem e a mediação das discussões junto aos estudantes. Com isso, assim como recomendado por Freire (2006), a professora-pesquisadora, estimulou o grupo a assumir posições mais ativas, no lugar de esperar respostas prontas. Incentivou o diálogo e a troca de ideias, de modo que os estudantes observassem e refletissem sobre aspectos relacionados às características científico-tecnológicas socioambientais da região, especialmente sobre os processos de beneficiamento e tingimento de jeans, indicando que são atividades bastante comuns em lavanderias de tecidos da região. Além disso, o vídeo também contribuiu para manter atenção e para despertar o interesse dos participantes. A figura 9 traz um registro desse momento.

**Figura 9** – Registro de momentos de discussões na atividade com vídeo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A veiculação de informações por vídeo e as discussões a respeito de aspectos do cotidiano dos estudantes ajudou-os a refletir melhor sobre seus contextos locais, tipo de atitude sugerida por Freire (2006) para os processos educacionais. Esses aspectos também



colaboraram para a criação de um contexto problemático sobre o qual os estudantes demonstraram interesse em propor alternativas para a sua melhoria, como exemplo, os descartes dos efluentes têxteis adequados. A partir de então, os estudantes se sentiram mais estimulados e, em suas proposições, com a mediação da professora-pesquisadora, refletiram sobre a existência de um contexto problemático local envolvendo:

- as características naturais e sociais do Agreste Setentrional pernambucano;
- a questão da água na região;
- a importância fisiográfica do rio Capibaribe, que corta o perímetro urbano de Santa Cruz do Capibaribe e de outros municípios do Polo Têxtil, para o Estado de Pernambuco;
- o beneficiamento de jeans como uma das principais atividades econômicas da região;
- a presença do azul índigo, um dos corantes utilizados para tingimento de jeans, nos efluentes das lavanderias;
- a necessidade de tratamento dos efluentes, incluindo os têxteis.

Após essas discussões, foi apresentado o problema a ser investigado e resolvido pelos estudantes: Como abordar junto a estudantes do ensino médio, dentro do ensino aprendizagem de química, questões referentes a descoloração do efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans?

Os estudantes logo verificaram que esse problema não apresenta uma resposta óbvia. E a professora-pesquisadora enfatizou que as respostas para este tipo de situação não seriam disponibilizadas diretamente e exigiriam mobilizações e investigações, para se buscar e encontrar formas de coletar e analisar dados e informações para a proposição de soluções plausíveis. E os passos a serem dados se encaminharam para a compreensão das características do corante do jeans.

#### **4.2 A compreensão das características dos jeans e do processo de seu beneficiamento em lavanderias**

A compreensão sobre as características dos jeans passou a ser desenvolvida com mais intencionalidade no momento dedicado à observação macroscópica e discussões do fenômeno na perspectiva CTSA. Inicialmente, os estudantes realizaram uma leitura dirigida sobre as características de soluções e de suas relações com efluentes têxteis. A figura 10 ilustra esse momento.

**Figura 10** – Registro de momentos de utilização do produto educacional.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A discussão foi conduzida em direção ao índigo, sua presença nos efluentes de lavanderias de jeans e sobre como descolorir o efluente azulado. Para tanto, foram utilizadas as seguintes questões norteadoras: Como é o processo de tingimento do jeans para deixá-los com diferentes tonalidades azuis? Qual é a relação entre esse processo e a geração de efluentes azulados? A essas questões foram associadas discussões sobre suas possíveis implicações sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais. Nessa etapa, os estudantes também formularam hipóteses sobre possíveis causas da coloração observada e de como modificá-la, deixando a água incolor, por exemplo:

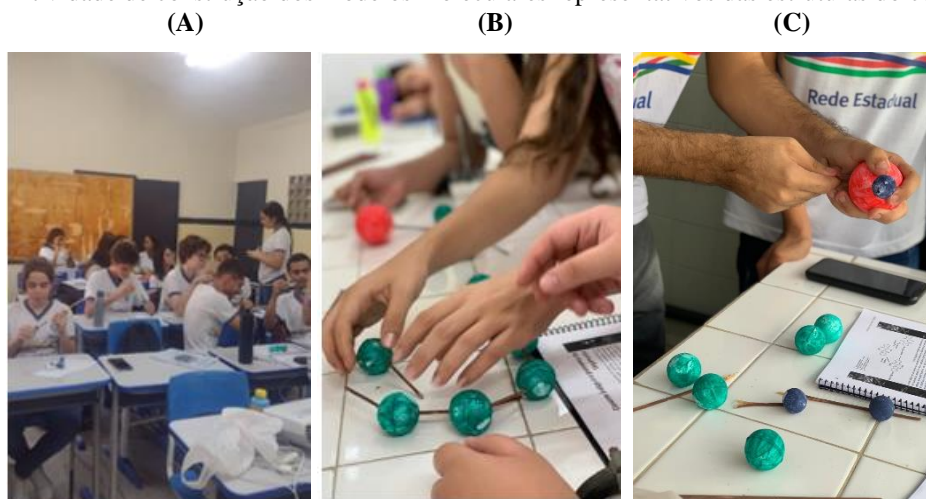
*“Com o processo de tecimento o corante tem uma cor esverdeada, mas com o tempo ele fica azul. Assim, quando lava o tecido, essa coloração azulada se transforma em efluente e que pode gerar danos ao meio ambiente. Portanto, além de tratamento do efluente é de suma importância as lavanderias buscarem por meio de reutilização da água em novas lavagens, ajudando diminuir gradativamente a poluição já existente no Rio Capibaribe” (Abelinha)*

Nesse momento foi realizada uma atividade de construção de modelos moleculares do corante índigo blue, nas formas reduzida e oxidada para auxiliar na investigação sobre a sua solubilidade, pois ele é insolúvel em água, solvente utilizado no beneficiamento do jeans. Anteriormente planejada para ser executada após à visita à lavanderia de jeans, essa etapa foi antecipada por conta de dificuldades com o transporte e o agendamento.

A montagem da representação estrutural do índigo, um composto de fórmula química  $C_{16}H_{10}N_2O_2$ , fez uso de bolas de isopor, em 4 (quatro) tamanhos, para simular os átomos de: hidrogênio (H), carbono (C), nitrogênio (N) e oxigênio (O). As ligações foram representadas

por segmentos de palitos de churrasco (com as partes perfurocortantes eliminadas). As figuras 11 e 12 trazem registros dessa atividade.

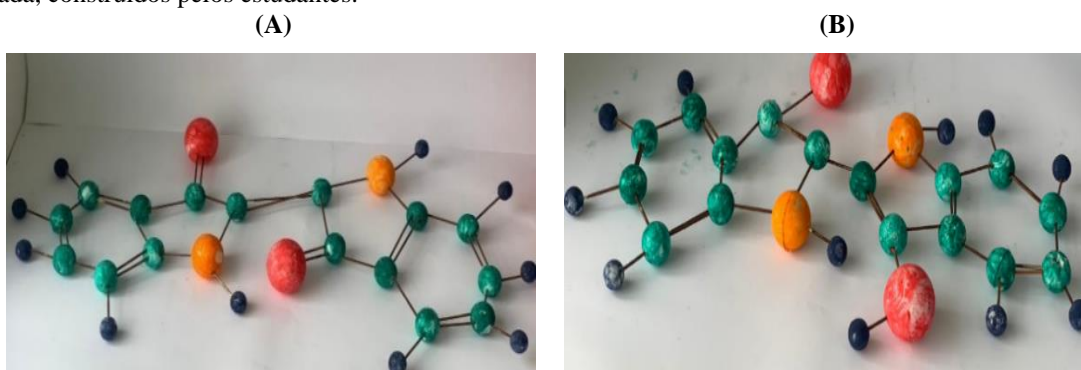
**Figura 11** – Atividade de construção dos modelos moleculares representativos das estruturas do corante índigo.



(A) Alunos Pintando as bolinhas de isopor para diferenciar os átomos. (B) e C) Montagem das moléculas do índigo utilizando palito de churrasco para as ligações.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

**Figura 12** – Modelos moleculares representativos das estruturas do corante índigo, nas formas reduzida e oxidada, construídos pelos estudantes.



(A) Molécula representativa do índigo na forma oxidada (B) Molécula representativa do índigo na forma reduzida.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Esse encontro desenvolveu-se de um modo no qual os estudantes permaneceram muito atentos para a construção das estruturas moleculares, mesmo em meio a momentos descontração promovidos pela ludicidade. Apoiados no material didático, todos os estudantes se uniram para separar, pintar e fixar as bolinhas representativas dos átomos, e estruturar as ligações para montagem das moléculas. Na oportunidade, a professora-pesquisadora retomou

conceitos fundamentais, sobre: as principais classes de funções orgânicas, centrando-se nos grupos funcionais; e de ligações químicas, abordando os tipos de ligação, a noção de valência e quantidade de ligações covalentes realizadas pelos os átomos que estão presentes nas estruturas. Também foi introduzido o conceito de aromaticidade e explicada sua relação com a absorção e emissão de energia por compostos aromáticos, como o índigo. Esse momento de construção conceitual foi favorecido também pelo fato de, naquele bimestre letivo, em paralelo à intervenção didática, os estudantes estarem participando das aulas de introdução à química orgânica e esses aspectos conceituais serem abordados em sala de aula pela professora-formadora.

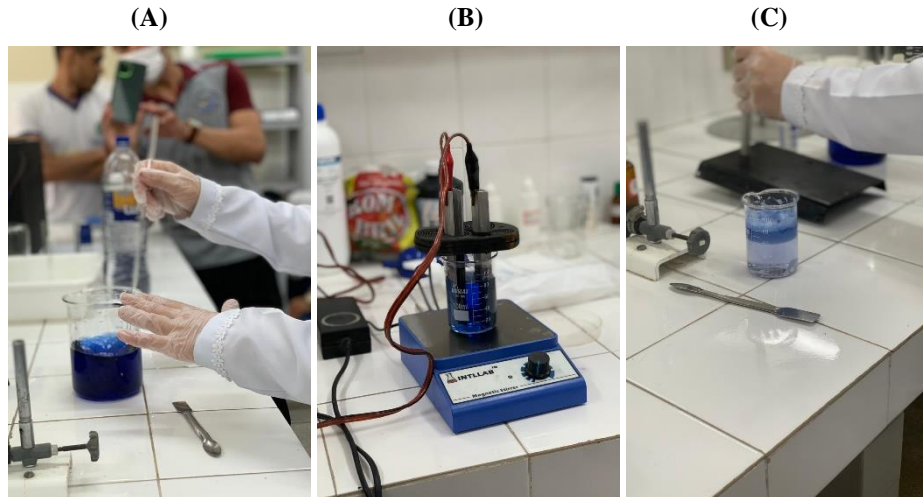
A modelagem auxiliou os estudantes na visualização das estruturas, tridimensionalmente. Também contribuiu para o entendimento da solubilidade do corante índigo, na forma oxidada e reduzida. Manipulando as estruturas, os estudantes foram orientados e conseguiram relacionar a presença dos grupos funcionais nas estruturas, destacando os grupos cetônicos e anéis aromáticos condensados, e de suas influências nas dificuldades da solubilidade do índigo em água, responsável por tornar a estrutura do corante índigo da forma oxidada, insolúvel em água. Comparando as duas estruturas, lado a lado, os estudantes puderam fazer a relação que, para o corante aderir ao tecido, a estrutura do índigo na forma oxidada se converte em leucoíndigo, a forma reduzida, ou seja, a carbonila se converte em hidroxila (-OH), ficando solúvel em água.

A modelagem foi de grande valia para a atividade de experimentação demonstrativa-investigativa, da eletrofloculação e de um processo oxidativo avançado (POA) - fotofenton, realizada presentes no laboratório da escola, com os estudantes divididos em 3 (três) grupos de 5 (cinco) componentes.

No laboratório, inicialmente, foi retomado, junto aos estudantes, o problema a ser investigado e resolvido: como descolorir o efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans? O desenvolvimento da atividade intercalou, de forma interativa, a abordagem teórica do tema e o uso do produto educacional, para auxiliar no acompanhamento das orientações e dos procedimentos relativos às demonstrações dos experimentos investigativos. Para esse momento da SDPI foram utilizadas as seguintes questões norteadoras: Que tipos de tecnologias podem ser utilizadas para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região? Que vantagens e desvantagens estão associadas ao uso daquelas baseadas em processos oxidativos?

A figura 13 traz registros do momento da experimentação demonstrativa-investigativa da eletrofloculação manuseada pela professora pesquisadora, a qual os estudantes tiveram acesso preliminarmente, via leitura do produto educacional.

**Figura 13** - Realização o experimento de eletrofloculação.



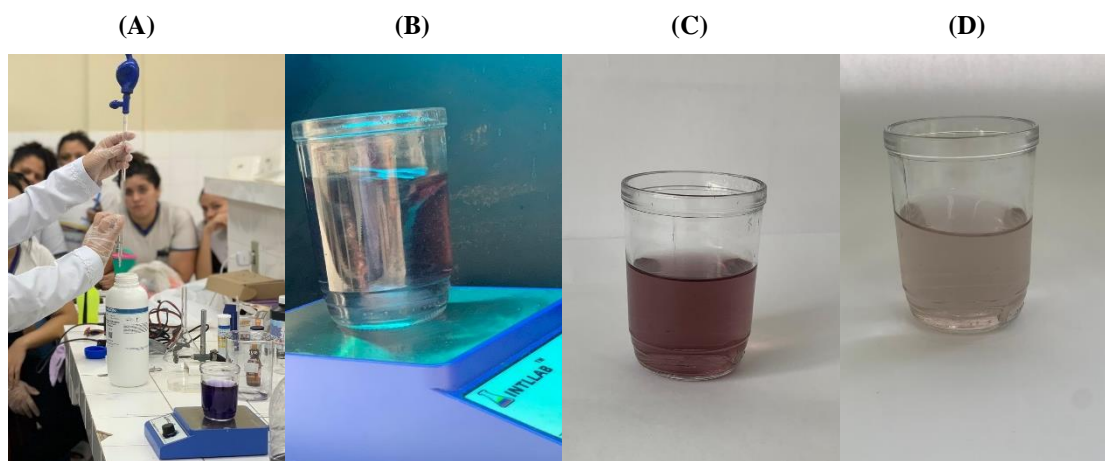
**(A) Preparação da solução aquosa de corante (B) Execução da técnica de eletrofloculação (C) Mistura aquosa floculada resultante da eletrofloculação**

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A preparação da solução aquosa do corante índigo (figura 13A) para uso nas experimentações permitiu a retomada de aspectos sobre o conteúdo soluções, como os tipos de soluções e a solubilidade das substâncias. Esse momento também foi propício para os estudantes aplicarem os conceitos adquiridos na modelagem sobre a estrutura do índigo, nas formas oxidada e reduzida. Em continuidade, no sistema montado (figura 13B), a aplicação de uma descarga elétrica no meio aquoso contendo o corante provocou a floculação (figura 13C), com uma mudança de fase, na qual os corpos formados foram facilmente separados em numa etapa posterior de filtração.

Os estudantes ficaram motivados com os resultados e pela perspectiva de utilização de um processo similar, em escala industrial para tratamentos dos efluentes oriundos das lavanderias da região. Esse resultado foi similar ao verificado em ação realizada anteriormente na escola, no ano de 2021, em atividade com os estudantes do terceiro ano do ensino médio (Cabral e Marcelino-Jr., 2022).

O experimento demonstrativo dos processos oxidativos também se mostrou bastante eficaz para o tratamento da solução de índigo, conforme mostrado na figura 14.

**Figura 14** - Realização do experimento POA-Fotofenton.

(A) Adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  na solução aquosa do corante, acidulada com  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4$ ; (B) Descoloração pela exposição U.V. (C) POA após 10 minutos (D) POA após 20 minutos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

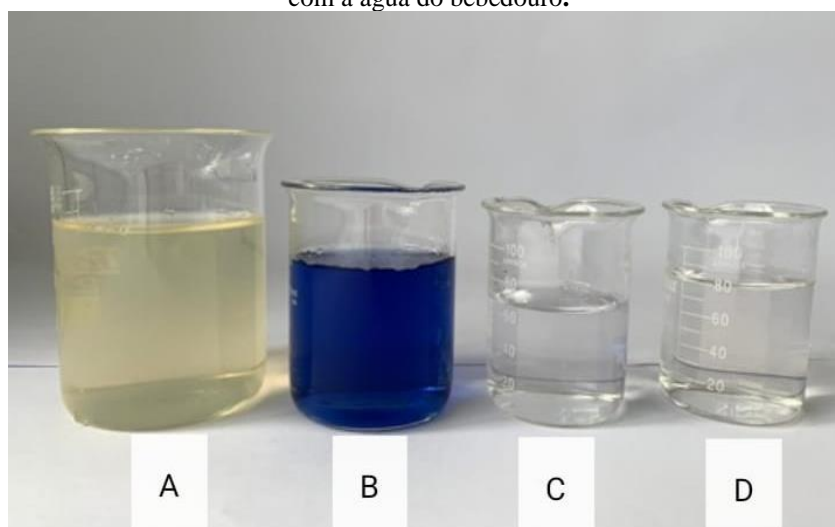
Os estudantes puderam verificar os efeitos no sistema quando uma solução ácida contendo íons de ferro  $^{2+}$  (pH entre 2 e 3) e água oxigenada foram adicionadas à solução aquosa do corante índigo, preparada no experimento anterior (figura 14A). Nesse experimento, houve a geração de íons hidroxilas e a água oxigenada atuou como catalisador. Após, verificarem a solução ser colocada em um agitador magnético, dentro de uma caixa de madeira escura contendo uma lâmpada ultravioleta (UV) (figura 14B), com passar do tempo, os estudantes observaram que a solução ia descolorindo, como mostram as figuras 14C e 14D.

Ao longo da realização dessa atividade experimental, houve o estímulo ao diálogo, tanto por parte dos estudantes quanto da professora-pesquisadora, incentivando a realização de questionamentos e teste de algumas hipóteses elaboradas anteriormente, associados ao funcionamento das técnicas e das suas importâncias para o tratamento de águas residuárias de tinturarias de jeans. Foram retomados alguns conceitos químicos já estudados na disciplina e no transcorrer ensino médio, tais como: misturas, processos de separação, polaridade, pH da água, aspectos eletroquímicos e reações de oxidação. Também foram enfatizados os conceitos de solubilidade e tipos de soluções, especialmente de soluções líquidas. No entanto, conforme destacado no início deste parágrafo, a discussão não se restringiu apenas a aspectos químico-científicos do conteúdo. Ela foi direcionada para a generalização da ideia do tratamento de efluentes, relacionando-o aos problemas causados pelas lavanderias da região, incluindo seus impactos, conforme acontece nas fontes hídricas.

As aplicações das técnicas de eletrofloculação e de fóton-fenton proporcionaram experimentos demonstrativos adequados à investigação em andamento quanto a busca por meios tecnológicos que podem ser utilizados para descolorir efluentes de lavanderias contendo o índigo. As discussões sobre as técnicas também destacaram características que as tornam muito indicadas para o tratamento de efluentes têxteis. Para a eletrofloculação, sua indicação se dá em decorrência de envolver uma tecnologia: barata; de fácil execução, tanto em pequena quanto em larga escala; e com grande eficiência na remoção de corantes em meio aquoso, seja nos tratamentos de poluentes orgânicos ou inorgânicos. Já os POA são aplicados nos tratamentos de efluentes têxteis somente quando contêm poluentes orgânicos. Portanto, guardadas suas adequações a situações das lavanderias, tecnologias baseadas nessas técnicas surgem como possibilidades para descoloração dos efluentes das lavanderias de jeans. Nessa direção, foi discutido o fato de, conforme apontado por Ferreira et al. (2018) e por Brito Silva (2012), as técnicas presentes nas duas experimentações demonstrativas são promissoras para as indústrias químicas, especialmente nas indústrias têxteis consideradas um dos segmentos extremamente poluentes, onde vêm sendo aplicadas também em diversas matrizes.

Houve um maior interesse dos estudantes sobre essas aplicações e a discussão foi ampliada. Com isso, em continuidade, ainda no laboratório, os participantes realizaram uma comparação entre as colorações das soluções resultantes da aplicação dessas duas técnicas a um possível efluente têxtil, e a coloração da água ofertada no bebedouro na escola, conforme indicado na figura 15.

**Figura 15** – Comparação entre as colorações das soluções resultantes da aplicação das duas técnicas de POA com a água do bebedouro.



(A) Água do bebedouro da escola; (B) Solução aquosa com corante; (C) Filtrado resultante da técnica da eletrofloculação; (D) Filtrado resultante da técnica da POA.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Considerando aspectos macroscópicos - a turbidez e a coloração - a análise dos estudantes quanto à água ofertada na escola foi que ela não era de qualidade. Nesse momento, surgiram indagações sobre a possibilidade de utilização das técnicas trabalhadas na experimentação para o tratamento de água fornecida na escola, conforme indica a fala do grupo 1 no registro do relatório experimental:

*“Tal procedimento poderia também ser infiltrado nos meios escolares, uma vez que a água tratada ficou mais limpa e pura que as fornecidas normalmente” (Grupo 1).*

Essa atividade da SD se configurou como uma experimentação investigativa que viabilizou a problematização e a contextualização. Contemplando aspectos recomendados para ações nessa direção, como os apontados por Martins, Delou e Cardoso (2019), ela permitiu estimular o aprendizado pela via da aproximação dos conteúdos da disciplina com a vivência dos estudantes residentes na região do Polo Têxtil do Agreste. Ela também contribuiu na operacionalização de outras recomendações para as experimentações investigativas, semelhantemente às indicadas por Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008), pois, mesmo que por demonstração, a realização dos experimentos auxiliou nas discussões, reflexões, ponderações e explicações, mediadas pela professora-pesquisadora. Nesse processo, os estudantes não aprenderam apenas conceitos científico-tecnológicos, mas foram estimulados a se expressar e refletir criticamente sobre os conhecimentos ligados aos efluentes das lavanderias de jeans, seja ampliando ou adquirindo novos saberes nas dimensões CTSA.

Não se pretendia fazer nas aulas experimentais um estudo técnico-científico dos problemas ambientais em questão por meio de análises químicas e biológicas dos rejeitos. A intenção era auxiliar os estudantes a perceberem a existência de problemas ambientais em sua região, provocados por atividades socioeconômicas, mas que também podem se correlacionar a outras problemáticas, por exemplo: na qualidade da água fornecida na escola ou dos efluentes lançados em suas próprias casas, que podem danificar os ecossistemas locais. Além disso, de provocar reflexões para desenvolvimento de um pensamento que contribuísse para propor ações sustentáveis para mitigar os problemas associados a esses efluentes, particularmente os das lavanderias de jeans, que muitas vezes não corre por falta de conhecimento técnico-científico desse assunto.

A SDIP deu prosseguimento à atividade experimental, sendo que dentro de um contexto não convencional, pois ela ocorreu em uma lavanderia de jeans. Inicialmente, será descrito o funcionamento dessa lavanderia industrial para, em seguida, apresentar e discutir os resultados obtidos na visita.

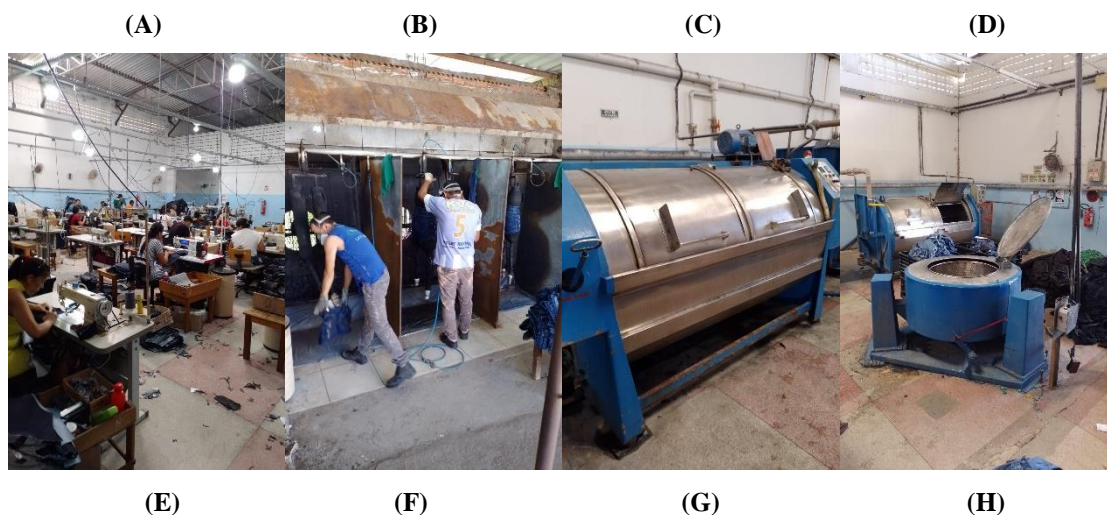


A lavanderia industrial está instalada em um imóvel, antes residencial, que foi adaptado para desenvolvimento dessa atividade. Em um momento prévio, em uma visita inicial, a professora-pesquisadora realizou uma visita técnica assistida para conhecer a empresa e o processo utilizado. Uma sequência de imagens retratando uma visão geral das instalações e das etapas do processo utilizado por essa lavanderia industrial é apresentada na figura 16.

Essa lavanderia industrial possui um anexo, com uma confecção própria de moda jeans, composta por vários funcionários que trabalham em suas respectivas máquinas de costuras, cada uma com as suas devidas funções (figura 16A). Os demais ambientes produtivos correspondem às etapas pelas quais se processa o tingimento e lavagem dos tecidos, segundo indicado na sequência de imagens B a F.

A figura 16B mostra um dos processos de beneficiamento por desgaste químico, utilizando permanganato de potássio. Uma solução desse sal é jateada na peça, com uma pistola industrial, antes da lavagem. Como foi informado pelo técnico, o permanganato de potássio está sendo controlado pela Polícia Federal, por estar entre aqueles que oferecem algum nível de risco à saúde da população e ao meio ambiente. Por isso a lavadeira precisa enviar os relatórios sobre a aquisição e estoque dessa substância.

**Figura 16** – Visão geral das etapas do processo de beneficiamento da lavanderia de jeans.





(A) Confeção do Jeans de uma lavanderia local; (B) Processo de desgaste químico com  $\text{KMnO}_4$  feito na lavanderia; (C) Máquina de lavar industrial; (D) Máquina de centrifugador; (E) Máquina secadora; (F) Técnico passando peças; (G) Tanque de despejos de efluentes têxteis; (H) Resíduos sólidos após tratamento feito pela lavanderia.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O permanganato de potássio é um forte agente oxidante utilizado para desbotar tecidos e pode ser aplicado de duas maneiras diferentes. Assim como é feito no local, uma delas é a aplicação com pistola industrial visando um clareamento localizado. Dependendo do caso, as áreas a serem desbotadas, antes, são lixadas com lixa d'água para melhor definir as áreas de desboto. A segunda forma de aplicação do permanganato de potássio consiste na sua moldagem como um giz, que é passado nas áreas de desgaste naturalmente maior em uma calça: costuras, bolsos e detalhes.

As figuras 16C, 16D, 16E e 16F mostram o maquinário que processa, respectivamente, a lavagem, centrifugação, secagem e passadeira dos tecidos, tingidos ou lavados. A figura 17G, corresponde ao espaço reservado pela empresa para o tratamento dos efluentes, antes do seu reaproveitamento ou de seu descarte ao rio Capibaribe. A figura 16H corresponde ao lodo, destino final dos rejeitos dos efluentes têxteis.

A visita a essa lavanderia foi uma importante atividade da SDIP. Acompanhados pela professora-pesquisadora e pelo coordenador de apoio da escola, os estudantes viajaram até a lavanderia em transporte coletivo (ônibus da empresa Caruaruense), que, de hora em hora, diariamente, faz o trajeto de Santa Cruz do Capibaribe-Toritama.

A figura 17 registra o momento da chegada dos estudantes, que estavam com seus produtos educacionais.

**Figura 17** – Chegada dos estudantes à lavanderia industrial, em Toritama, local da atividade experimental extraclasse realizada com os estudantes.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Registros de momentos da visita técnica assistida são mostrados na figura. 18 As figuras 18A a 18D mostram momentos de reconhecimento das etapas do processo de beneficiamento seguido na empresa. Ao longo do percurso, os estudantes iam fazendo questionamentos ao técnico e à professora-pesquisadora. Por sua vez, a professora-pesquisadora procurou resgatar aspectos já trabalhados, com base nas seguintes questões norteadoras: Quais são os principais constituintes do denim, o tecido de jeans utilizado pelas confecções do Polo Têxtil do Agreste? Quais são as etapas do processo de beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região? Qual é a principal substância responsável pela presença da coloração azulada dos efluentes das lavanderias de jeans? Como o beneficiamento de jeans se relaciona à oferta e à qualidade da qualidade da água da região? Como o ambiente apresentava muito ruído, provocado pelas máquinas, ao final, houve um momento, não planejado, de diálogo com o técnico que terminou se efetivando como uma entrevista efetuada pelos estudantes, conforme registrado na figura 18E. Por fim, a figura 18F traz um registro de uma constatação surpreendente quando da visita ao trecho do rio Capibaribe, que está atrás do estabelecimento.

**Figura 18** – Ações realizadas pelos estudantes na atividade experimental extraclasse, na forma de visita tecnicamente assistida, a uma lavanderia de jeans da cidade de Toritama.

(A)

(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(A) Técnico apresentando a caldeira aos alunos; (B) Alunos explorando o ambiente industrial; (C) Técnico demonstrando a lavagem marmorizado; (D) Efluente tratado pela lavanderia industrial; (E) Alunos questionando o técnico; (F) Trecho do rio Capibaribe que frequentemente recebe descargas de efluentes tratados não reutilizáveis pela indústria.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A figura 18A mostra a caldeira dessa lavanderia industrial. Os estudantes puderam verificar que ela é o equipamento gerador de vapor e responsável pelo início do processo na lavanderia, atuando como fonte de energia, na forma de vapor, para alimentar o funcionamento das máquinas nas etapas de lavagem, centrifugação, secagem e passadeira. Os estudantes também puderam verificar que, apesar de se utilizar diferentes tipos de combustíveis em caldeiras industriais, nessa lavanderia, utiliza-se fontes renováveis, uma vez

que o combustível para a caldeira é a lenha proveniente da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw DC), uma leguminosa arbórea tropical de grande importância para o Agreste e para a região do semiárido nordestino.

Os estudantes tiveram contatos com o maquinário do setor de lavanderia (figura 18B), inclusive vivenciando a lavagem marmorizada, um dos tipos da lavagem mais procurada na lavanderia, com a máquina sendo manuseada pelo próprio técnico que dava assistência ao grupo (figura 18C). Nessa oportunidade, os estudantes dialogaram bastante com o funcionário e verificaram que esse procedimento é utilizado para clarear as peças jeans, utilizando tampinhas de garrafas PET para colidirem com as peças, ou, conforme dito: “baterem nas peças”. Parte dos diálogos realizados nesse momento é transcrito a seguir.

- *“Quais os principais tipos de lavagens mais procurados na lavanderia?” (Grupo 2)*

- *“Destroyer é a principal, sem dúvidas, toda lavagem tem que passar pelo Destroyer. (Funcionário)*

*“Alguma mais?” (Grupo 2)*

*“Marmorizada. O tipo de lavagem que tá sendo bem procurado é o marmorizada, que é uma lavagem bem clara. É feito em uma máquina diferente, os produtos que são utilizados é um pó abrasivo, cloro diluído e tampa de garrafa pet. Ela que dá o batimento e deixa a peça com esse estilo marmorizado. E a outra Destroyer é quase sempre a primeira. A marmorizada é popular atualmente, mas a Destroyer de janeiro a janeiro é Destroyer” (Funcionário)*

O procedimento registrado na figura 18D chamou bastante a atenção dos estudantes. Esse copo d’água ilustra o resultado do tratamento de efluentes utilizado por essa lavanderia industrial em seus processos de lavagem. Segundo informado pelo técnico, para o tratamento da água residual, “a empresa utiliza dois tipos de produtos químicos: um polímero e um agente clareador, que reduz a coloração do sistema”. Na fala do técnico foi informado que, em algumas situações, utiliza-se a cal como agente clareador, por ser acessível e barata. Nesse momento, ficou evidente o maior interesse e maior atenção dos estudantes à fala do técnico. Um dos diálogos nessa direção é apresentado em continuidade.

*“Vocês reaproveitam a água utilizando na lavagem do beneficiamento?” (Grupo 1)*

*“Sim” (Funcionário).*

*“Quantos porcentos (%)”?” (Grupo 1)*

*“A água é tratada para ser utilizada novamente, 70% da água é usada para fazer o mesmo processo de jeans de novo” (Funcionário).*

*“Para o descarte correto dos efluentes têxteis da lavanderia, quais os métodos utilizados?” (Grupo 1)*

*“O descarte correto é o reaproveitamento desses efluentes (água tratada) para novas lavagens” (Funcionário).*

Posteriormente quando questionados sobre o motivo, alguns afirmaram que isso aconteceu em virtude de já terem visto esse aspecto recentemente, dentro da atividade experimental anterior, realizada no laboratório da escola. Alguns estudantes também

comentaram que o efluente tratado na lavanderia não ficava tão límpido (“não clareia o bastante) quanto aqueles resultantes das experimentações realizadas no laboratório da escola.

A entrevista realizada com o funcionário da empresa na finalização da visita permitiu que os 3 (três) grupos esclarecessem algumas dúvidas surgidas ao longo do percurso percorrido. Esse momento está registrado na figura 18E. Foi notória e animadora a participação dos estudantes também nesse momento. Utilizando os próprios aparelhos celulares, eles gravaram os diálogos e esclareceram suas dúvidas. Verificou-se uma forte associação entre os questionamentos e as abordagens já realizados na SDIP, especialmente no que tange o uso da água, o tratamento dos efluentes e o tingimento do jeans.

*“De qual forma chega água na lavanderia?” (Grupo 3)*

*Chega água da Compesa também, e pegamos água do rio também, do rio que passa aqui atrás (Funcionário)*

*“Quantos litros de água utilizam em uma lavagem?” (Grupo 3)*

*“É 1 para 100 (1:100)” (Funcionário)*

*“O que você quis dizer 1 para 100, é o mesmo que dizer 1 kg de roupa para 100 litros de água? (Grupo 3)*

*“É sim, 1 kg de mercadoria para 100 litros de água. A cada 1 kg de mercadoria é gasto 100 L de água, vai depender do processo. O tipo de lavado... tem lavado que gasta menos. [...] essa proporção para tingimento ou conservar a cor do jeans colorido, utilizamos 3% de sal e 1% de fixador numa temperatura de 80°C na lavagem” (Funcionário)*

*“Quais são as etapas do beneficiamento do jeans?” (Grupo 2)*

*“Todo o processo pode ser feito nessa máquina (lavagem) [...] lava, centrifuga, ali onde estão fazendo aquele serviço. E na centrifugação, a peça sai quase seca. Vem para cá, se a peça tiver mais algum processo, ela seca e volta lá pra baixo, para fazer o pistolado que mostrei a vocês, ou vai para o laser para fazer isso, caso ela não tenha. Daqui já entra no processo, depois do processo de secagem entra no processo de passar [...] tudo depende do lavado do tecido, do que o cliente vai querer” (Funcionário)*

*“Como é o processo de tingimento que a lavanderia utiliza?” (Grupo 1)*

*“O produto chega na lavanderia engomada, e começam a fazer a estonagem, se a peça estiver pistolada eles centrifugam e secam, depois retorna para a lavanderia para lavar e colocam amaciante e secam novamente e a peça fica pronta” (Funcionário).*

Foi bastante gratificante perceber o interesse dos estudantes em entender os processos do tingimento de roupas, como: lavagem; centrifugação; secagem; e outros processos de desgastes químicos e físicos. Bem como, o tratamento do efluente para a reutilização da água nas lavagens e descarte no rio. Percebeu-se que, naturalmente, a curiosidade deles ia se convertendo em uma entrevista, que não estava no planejamento.

As técnicas utilizadas no tratamento da água residual da lavanderia industrial visitada, na forma como foi apresentada, aparentam cumprir um compromisso socioambiental, de forma correta e sustentável, pois segundo o técnico há o reaproveitamento de 70% da água tratada. Cavalcanti, Bezerra e Anjos (2016) relatam que esse reaproveitamento é bem

significativo e vantajoso, considerando a redução do consumo água e os custos da empresa. Ainda para os autores, o restante do volume de água não recuperado, pode ser desperdiçado durante o processo de lavagem das peças ou agregado aos resíduos do processo de separação.

Todos fomos surpreendidos, no transcorrer da entrevista, quando o técnico mencionou o volume gasto de água em uma única lavagem. Essa informação fortalece os discursos sobre a necessidade de implantação de técnicas novas e mais eficientes para o tratamento de efluentes, ainda que seja reaproveitado um quantitativo significativo dessa água.

Outro fato importante na visita, incluindo a parte da entrevista, foi a utilização de termos químicos ligados ao conteúdo estudado. Seja direta ou superficialmente, os diálogos entre técnico-estudantes, estudantes-técnico, professora-técnico e professora-pesquisadora-estudantes fizeram uso de alguns conceitos químicos relacionados à concentração, solubilidade, separação de mistura, reações químicas e química ambiental. Assim, a visita técnica consistiu em uma valiosa e contributiva experiência para promoção de uma alfabetização científica dos estudantes. Corroborando com os posicionamentos de Chassot (2010) para promoção de atividades nessa direção, a visita a essa lavanderia industrial não se limitou apenas à compreensão dos conhecimentos do cotidiano, mas contribuiu com um processo voltado à construção de um conhecimento crítico do mundo, tanto o próximo ao Polo Têxtil do Agreste, quanto ao planetário, que é permeado por relações produtivas nas quais o lançamento de efluentes são uma realidade. Essa questão da criticidade pôde ser ainda mais exercitada, de um modo surpreendente, quando saímos das instalações da lavanderia.

Para a surpresa de todos, aos fundos da lavanderia, bem no seu quintal da lavanderia, fica um trecho do rio Capibaribe, segundo já mostrado na figura 18F. O rio recebe a água que é descartada pela lavanderia visitada, após os tratamentos dos seu efluentes. Além disso, a empresa também capta a água do rio e a utiliza para novas lavagens. Analisando-se a figura 19F, é possível verificar o que os estudantes também constataram *in loco*: uma pequena represa que foi construída por um dono de outra lavanderia, vizinha à visitada, também instalada na margem do rio Capibaribe.

### **4.3 Soluções propostas para resolução do problema inicial**

Esse momento constou, inicialmente, de uma discussão sobre a problematização inicial: Como abordar junto a estudantes do ensino médio, dentro do ensino aprendizagem de química, questões referentes a descoloração do efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans? No entanto, verificou-se que os estudantes não

conseguiram articular pensamentos mais direcionados à proposição de soluções ao problema utilizando os conceitos contextuais associados aos objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo (CPA) para a SDIP sobre o tratamento de efluentes com corante azul índigo provenientes de lavanderia de jeans. Então, resolveu-se utilizar um outro caminho para voltar a essa problematização inicial, tomando-se por reforço as colocações de Guimarães e Giordan (2012) e de Delizoicov, (2001) que a problematização é o agente de união e de sustentação da relação sistêmica da sequência didática e que a argumentação sobre o problema ancora uma SD por meio de questões sociais e científicas que justifiquem o tema e problematizem os conceitos abordados.

A atividade de elaboração de textos, realizada em continuidade, permitiu retomar essa problematização inicial. Individualmente, eles redigiram um texto dissertativo-argumentativo, com o tema “O efluente azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans”. Escrita em uma folha de papel A4, essa composição estava voltada à defesa de um ponto de vista e elaboração de propostas de solução para aspectos relacionados à temática. Foram analisados os posicionamentos dos estudantes em relação aos significados

O conjunto dos 14 (catorze) textos contemplou aspectos e interações nas dimensões CTSA. As ideias veiculadas envolveram, basicamente, os seguintes fatores:

- importância da produção e da comercialização de jeans, como fonte de renda para a população dos municípios localizados no Polo Têxtil do Agreste, especialmente Santa Cruz do Capibaribe e Toritama;
- beneficiamento de jeans como um processo que ocorre em diferentes etapas;
- presença de efluentes azulados como consequência do beneficiamento de jeans nas lavanderias; e
- necessidade de tratamentos dos efluentes com a utilização de processos tecnológicos para evitar e para combater a poluição das águas, para não contaminar/poluir o rio Capibaribe.

Desse modo, percebe-se que, dentro do conjunto dos textos dos estudantes participantes da pesquisa, foram contemplados os conteúdos contextuais da SDIP.

A tabela 1 indica as frequências dos aspectos CTSA presentes nas dimensões e nas interações estabelecidas dentro das narrativas dos textos dos estudantes sobre o efluente azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans. O quadro 23 exemplifica algumas ideias dos estudantes sobre os aspectos tecnológicos e as suas interações com as dimensões ciência, social e ambiental nas produções textuais.



**Tabela 1** – Frequências dos aspectos CTSA e das interações estabelecidas entre essas dimensões nas ideias dos estudantes veiculadas nos textos sobre o efluente azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans.

ESTUDANTE	CATEGORIAS														
	C	T	S	A	TC	SC	AC	TS	TA	AS	TSC	TAC	CSA	TSA	CTSA
Marie		2	1				1		4						
Sen77								1	1			1		1	
Tom								3	1			1			
Analu		1			1			1				1		2	
Laryssa		2	1			1		1	3			2			
Midas			1						1					1	1
Lia		1							3			1			
Lorena		1				1			2			1			
Abelhinha		1	4					1	2					1	
Milena									1	1					1
Cecília			2						1		1	1			
Nythan									1					2	
Kayn		1							3			1		1	
Jonas								1	1					2	
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>2</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

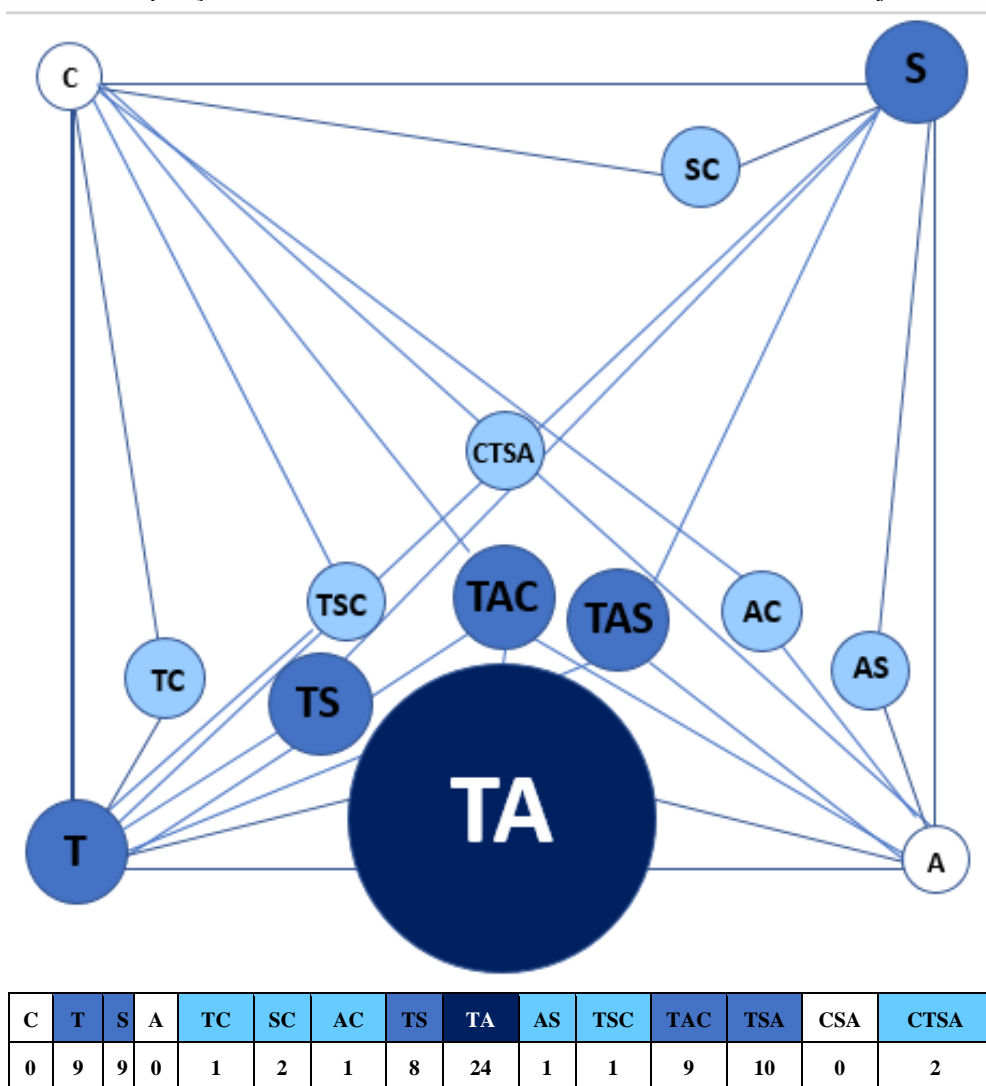
**Quadro 23** – Exemplos de ideias dos estudantes nas produções textuais envolvendo os aspectos tecnológicos e as suas interações com as dimensões ciência, social e ambiental.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS	
CTSA	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
T	“No jeans, há todo um processo de beneficiamento, assim, indo para a lavadora, que desengoma o jeans, tem a centrifugação, a secagem, a passadeira e a arrumação da peça” (Marie).
TA	“De acordo com os fatos apresentados, uma das formas de impedir que a poluição seja tão grande é a conscientização das lavanderias em relação como elas cuidam dos efluentes, é como elas devem reciclar a água usada nas lavagens” (Kayn).
TS	“Uma vez que certas atitudes, tomadas frequentemente, passam a serem vistas como normais, urge a necessidade de medidas preventivas. Sobre tais pontos, vale destacar a importância do tratamento nos efluentes têxteis e seu processo de comercialização” (Abelinha).
TC	“Além disso, os efluentes têxteis são águas residuais que passam por vários processos na produção de jeans, porém na etapa de tingimento é usado diversos corantes sintéticos, como os dispersos que são essenciais para dar coloração em fibras sintéticas” (Analu).
TSA	“Á princípio, a confecção de jeans nos últimos anos teve um aumento muito significativo, fazendo com que a maioria dos habitantes de cidades do Agreste de Pernambuco tenham estabilidade financeira, e com isso muitas indústrias têxteis estão desenvolvendo novas técnicas para maior produção dessa peça, a fim de causar menos danos ao meio ambiente .(Analu)
TAC	“Inicialmente, o Agreste de Pernambuco tem em média 800 lavanderias, e boa parte delas despejam no Rio Capibaribe em céu aberto com efluentes de corantes industriais que possa ser tóxico” (Lorena).
TSC	“O rio é muito importante para todos da região, e abastece bastante famílias, era bom a conscientização de todas as lavanderias para fazerem o tratamento antes de jogarem a água no rio novamente, isso iria melhorar bastante a qualidade da água” (Cecília)
CTSA	“Em Toritama existe aproximadamente 800 lavanderias de jeans e nem 40 % delas tratam a água da produção do jeans, como consequência disso, o Rio Capibaribe, um dos símbolos de Pernambuco, recebe uma água azul, envenenada pela química da lavagem do tecido, resultando na poluição da água, afetando os seres vivos que vivem na água, como peixes, e pode ser prejudicial até para nós mesmos” (Midas)

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Uma visão mais ampla e sintética do conjunto das relações entre as dimensões CTSA veiculadas no total das composições dos estudantes sobre “O efluente azulado resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans” é apresentada na figura 19. Nesse cenário geral, o tamanho dos círculos e a intensidade da cor azul se relacionam à frequência de utilização de ideias associadas às 15 (quinze) categorias de análise. As siglas para a representação das interações seguem uma sequência em ordem decrescente da dimensão privilegiada, ou seja, a letra inicial corresponde àquela mais enfatizada. Além disso, quanto maior o círculo e mais intensa a cor azul, mais aspectos estão contemplados numa dada dimensão, isoladamente, ou em suas possíveis interações - binárias, ternárias e quaternária.

**Figura 19** – Frequência de ideias, associadas às dimensões CTSA, isoladamente e nas suas interações, no total das composições dos estudantes sobre o efluente azulado das lavanderias de jeans.



Frequência do(a) aspecto/interação CTSA contemplado(a)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Considerando o conjunto de produções, os textos contemplaram 64 (sessenta e quatro) ideias utilizando aspectos tecnológicos, conforme sistematizado no quadro 24. Seja como dimensão individual (9) ou como interação binária (33), ternária (20) ou quaternária (2), respectivamente. A figura mostra uma maior distribuição de aspectos CTSA na região inferior. Isso é consequência do fato de as ideias contidas nos textos dos estudantes privilegiarem a dimensão tecnológica, principalmente em interações com a dimensão ambiental. A interação tecnológica-ambiental (TA) apresentou a maior frequência de associações, 24 (vinte e quatro). Por sua vez, além de participação nas interações tecnológicas, a dimensão ambiental também se faz presente em interações com aspectos da dimensão científica e da social, apesar de isso ocorrer apenas em uma vez para cada uma delas.

Uma possibilidade para essa maior ênfase pode estar associada ao fato de as observações experimentais oportunizaram aos estudantes um conhecimento aplicado em algo útil e que lhes familiar. Além disso, as atividades em laboratório e na lavanderia ajudaram-lhes a analisar e interpretar as situações propostas inicialmente e outras que possam ser explicadas e compreendidas por um conjunto conhecimentos, de certo modo restrito.

As produções textuais dos estudantes trazem diferentes interações binárias entre as dimensões CTSA, no entanto elas se concentram bastante nas relações entre tecnologia e ambiente (24) e tecnologia e sociedade (8). Por sua vez, existiram 20 (vinte) interações ternárias (TSA, TAC e TSC); relacionados entre tecnologia, sociedade e ambiente (10); tecnologia, ambiente e ciência (9); tecnologia, social e ciência (1) e por fim, não foi verificada interação CSA. Ademais, de modo distintos dos aspectos tecnológicos (9) e sociais (9). Convergindo com o destaque de Silva Filho et al (2021), as ideias na dimensão social se concentravam no fato que a comercialização e o beneficiamento desse tipo de produto têxtil concentram a maior renda econômica local, tornando-o o eixo Caruaru-Santa Cruz do Capibaribe-Toritama o maior polo de confecção “jeanswear” do Brasil.

A análise dos resultados também permitiu verificar que nem os aspectos ambientais nem os científicos foram utilizados individualmente nas composições textuais. Tal dado remete a um destaque importante: a menor ênfase da dimensão científica dentro do total das produções textuais. Os 14 (catorze) textos traziam poucas menções a termos químicos. Um exemplo da frequência de alguns termos químicos no conjunto: corante (9), índigo (2), produto químico (3), denim (2), pH (1), solubilidade (0), soluções (0), concentração (0); leuco (0), solvente (0), eletrofloculação (0) e POA (0).

Essa atividade permitiu verificar que a SDIP exerceu alguma participação para auxiliar na criticidade dos estudantes. Por exemplo, na fala de Analu há demonstração de destaque aspecto TSA nessa direção, fazendo menção à necessidade de fiscalização dos despejos de efluentes têxteis por parte dos órgãos competentes:

*Todavia, ainda existem muitas lavanderias ilegais que não colaboram para a diminuição de lixo no rio, entretanto, a implementação de órgãos federais para fiscalizar mensalmente essas indústrias seria uma grande forma de contribuir para o bem do meio ambiente (Analu).*

A cidade de Toritama se destaca na região do Polo Têxtil do Agreste Setentrional por causa da sua importância na indústria do jeans urbano, e por esse motivo, ainda se presenciam muitas lavanderias industriais, tanto na legalidade quanto a informalidade desse setor de confecções que impactam substancialmente a economia local. Portanto, esse tipo de posicionamento corrobora com parte das expectativas almejado para a formação de estudantes nesse nível de escolaridade, conforme destacado por Tozoni-Reis (2006), uma vez que a percepção do modo como os estudantes pensam colabora na formação de indivíduos críticos e participativos, com vistas a enfrentar os problemas ambientais locais, em destaque aqui a água, recurso cada vez mais escasso no planeta. Segundo esse tipo de concepção, as ações pretendidas se relacionam ao ato de compreender, refletir, aguçar o senso crítico e agir para as tomadas decisões.

#### **4.4 Aplicações de aspectos CTSA ao contexto de tratamento de efluente de lavanderia de jeans: uma avaliação final das compreensões dos estudantes**

Os resultados e discussão apresentados em continuidade se referem à avaliação, para a qual foram analisadas as respostas ao questionário aplicado ao final da SDIP. Conforme destacado anteriormente, buscou-se avaliar não apenas os seus entendimentos conceituais e procedimentais, mas também capacidades atitudinais para tomadas de decisões quanto ao problema proposto. Nesse momento, um estudante não participou, portanto, foram analisados os questionários dos 14 (catorze) estudantes presentes no encontro destinado à avaliação da SDIP.

##### *4.4.1 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre o conteúdo soluções e o contexto efluentes*

As 2 (duas) primeiras questões do questionário final buscavam avaliar a relação entre o conteúdo soluções químicas e o contexto efluentes. A questão 1 trazia uma abordagem qualitativa do conceito de solubilidade dentro do processo de tingimento do jeans, perguntando-se por que o corante se torna solúvel após pré-tratamento adequado, e quanto à identificação entre soluto e solvente numa solução de índigo. As respostas estão sistematizadas no quadro 24.

**Quadro 24 – Compreensões dos estudantes sobre a eletrofloculação.**

CAUSA DA SOLUBILIDADE		
SUBCATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Porque 2 (duas) substâncias (ditição de sódio e hidróxido de sódio) foram adicionadas à solução com corante	8	<i>“O corante se torna solúvel quando ele entra em contato com o ditição de sódio e hidróxido de sódio, assim quando entra em contato com o oxigênio de uma cor amarelada passa para a cor azul” (Kayn).</i>
A solubilidade ocorre durante a conversão do corante índigo em leuco índigo	3	<i>“Ele passa do índigo para leucoíndigo, tornando-se solúvel” (Cecília).</i>
Relacionou a solubilidade aos resultados das técnicas de tratamentos realizadas nas experimentações investigativas	2	<i>“Usando um desses dois processos: o de eletrofloculação ou dos oxidativos avançados” (Midas)</i>
Causado pela oxidação do produto	1	<i>“com a oxidação desse produto” (Nythan).</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O corante índigo é praticamente insolúvel em água. Conforme consta no produto educacional e também foi discutido com os estudantes nos momentos de modelagem para construção das estruturas e das experimentações com processos oxidativos, além de ser retomado na visita à lavanderia, no processo de tingimento, o índigo é reduzido com hidrossulfito de sódio (também conhecido como ditição), em solução alcalina, transformando-se em um composto solúvel, a forma leucoíndigo. Posteriormente, com a subsequente oxidação pelo ar, a forma original do corante é regenerada sobre a fibra do denim. De acordo com as respostas à questão 1, boa parte dos estudantes mostraram entendimentos no sentido que o corante precisa de um pré-tratamento para converter se em leuco (forma reduzida), aumentar a solubilidade em água e tingir os fios dos tecidos, ao ser oxidado.

Em relação aos componentes da solução do corante índigo, 10 (dez) estudantes responderam que o corante é o soluto e a água é o solvente, enquanto 4 (quatro) estudantes responderam o contrário, que a água é o soluto e o corante é o solvente. Por mais que esse aspecto tenha sido trabalhado e que definições e conceitos correlatados sejam empregados no

dia-a-dia (por exemplo: “a água é um solvente universal”), ainda assim, alguns termos/conceitos da química acabam não sendo dominados e/ou confundindo alguns estudantes.

A situação-problema envolvendo concentração de solução de corante índigo, questão 3, necessitou da intervenção da professora-pesquisadora para que os estudantes pudessem compreender o problema. Em seguida, apresentou novo problema, solicitando que os estudantes calculassem o valor correspondente aos 10% da quantidade total de corante para que indicassem a porcentagem que ficou no efluente. 13 (treze) estudantes acertaram a questão, respondendo que restaram 100g no efluente têxtil (o outro afirmou terem ficado 75g).

A avaliação sobre entendimento da concentração de soluções não exigiu dos estudantes a memorização ou utilizarem de fórmulas químicas para a resolução do problema, mas a aplicação de um raciocínio lógico voltado a um processo dentro do seu contexto, conforme abordado nas atividades experimentais da SDIP. Nessa mesma direção, Niezer (2012) propõem que, para uma melhor compreensão dos estudantes sobre este conteúdo, torna-se necessário trazer para a sala de aula diferentes formas de apresentação dos conceitos sobre soluções em associação com ações da vida diária, extrapolando a sobrecarga do ensino voltado apenas para seu aspecto quantitativo. Além disso, a abordagem não se deve esgotar em um ou em poucos momentos do currículo. Corroborando com as proposições de Guimarães (2009), esses resultados sobre aspectos do conteúdo soluções reforçam a ideia que os conceitos devem ser trabalhados de forma integrada e interdisciplinar ao longo do currículo, emergindo, submergindo e emergindo novamente em diferentes momentos, e não sendo esgotados em um único momento ou grupo sequencial de aulas.

#### *4.4.2 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre a constituição e nas propriedades dos materiais do jeans*

Outro aspecto avaliado ao final da SDIP foi a compreensão dos estudantes sobre a constituição e as propriedades dos materiais do jeans, por meio da questão 3. Nesse momento, eles haviam sido solicitados a observarem uma imagem com 3 (três) partes de recortes de retalhos de tecidos denim, coloridas com índigo, e dizer qual apresentava um tecido com maior absorção do corante no urdume, que era a parte “A”. Todos os participantes, concordaram que a parte mais escura do urdume foi o que absorveu mais corante índigo. Em suas respostas, os estudantes destacaram os termos “mais escuro” ou “mais escura”, e alguns

também o associaram ao termo “mais concentrado”, conforme exemplificado nas seguintes falas:

*“Letra A, pois quanto mais escuro, **mais concentrado** está o corante” (Marie, **grifo nosso**)*

*“Parte A, por ele ser **mais escura** quer dizer que tingiu mais tecido” (Manuely)*

*“Azul marinho, **pois é a mais com maior urdume** com corante absorvida” (Milena)*

Apesar que de a maioria dos estudantes não expandirem suas explicações e fazerem uso de mais termos relativos a conceitos químicos trabalhados, suas respostas trazem um indicativo da veiculação do conhecimento abordado na SDIP. Assim, suas respostas exibem um tipo de raciocínio que contempla o elemento central da questão. Esse tipo de compreensão possivelmente seja fruto de seus interesses e da participação ativa que demonstraram, especialmente nas atividades experimentais, tanto em laboratório da escola quanto na lavanderia, outro tipo de laboratório. Inclusive porque, na visita à lavanderia, observaram que os tecidos dos jeans quanto mais tonalidade escura, maior foi a absorção do corante. Quanto maior a concentração do corante da solução de tingimento, maior a concentração do corante no despejo do efluente da lavagem.

#### 4.4.3 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre tecnológicas para o beneficiamento do jeans

As aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans foi outro aspecto avaliado, a partir das respostas a 3 (três) questões (4, 5 e 6) envolvendo a produção de efluentes no beneficiamento de jeans. As compreensões quanto às técnicas de tratamentos de efluentes têxteis realizadas experimentalmente na escola foram analisadas, inicialmente em relação à eletrofloculação, conforme o quadro 25.

**Quadro 25 – Compreensões dos estudantes sobre a eletrofloculação.**

A ELETROFLOCULAÇÃO		
SUBCATEGORIAS	QUANTIDADE	EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES
Uso da eletricidade para a descoloração do corante	9	<i>“Bom, usamos uma bateria para fazer a eletrólise para a quebra da coloração” (Lia)</i>
Quebra da molécula do corante	1	<i>“Que na eletrofloculação é a quebra da molécula do corante” (Milena)</i>
Não mostrou compreensão	4	<i>“É colocada água oxigenada, e é usado o processo de eletrólise para quebrar o corante” (Marie)</i> <i>“Uma forma mais fácil e rápida para o tratamento da água” (Abelinha)</i> <i>“Que quanto mais lavar, mais claro o jeans fica” (Lorena)</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A maioria dos estudantes (9) indicou que a descoloração do corante ocorre a partir do funcionamento da eletricidade. No entanto, um deles vinculou apenas a quebra das moléculas do corante, sem relação com o processo eletroquímico. Os demais (4) não mostraram compreensão, entre eles, 2 (dois) indicaram o uso do peróxido de hidrogênio no processo, confundindo a eletrofloculação com o POA, já que na eletrólise não se utilizou nenhum reagente, somente o funcionamento da energia.

As explicações dos estudantes foram curtas e restritas. Apesar de um deles indicar a participação de íons de ferro e alumínio no processo (consequência dos tipos de eletrodos utilizados no experimento), suas narrativas não abordaram maiores detalhamentos envolvendo o funcionamento da eletrofloculação, que depende basicamente de processos químicos em meio aquoso, especificamente da condutividade elétrica, além de outras características que também influenciam o processo, tais como: variação do pH do meio, tamanho das partículas floculadas e concentrações dos constituintes. Também não incluíram nas explicações outros aspectos abordados, como: a importância da seleção apropriada dos eletrodos e de suas disponibilidades e apresentarem baixo custo.

As respostas atribuídas à técnica de foto-Fenton, o POA utilizado, estão sistematizadas no quadro 26.

**Quadro 26 – Compreensões dos estudantes sobre o uso do POA.**

<b>O FOTO-FENTON, O POA UTILIZADO</b>		
<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>EXEMPLOS DAS FALAS DOS PARTICIPANTES</b>
Descoloração por oxidação, através do uso da luz ultravioleta	8	<i>“Vai desgastando o corante feito com uma luz ultravioleta até ficar parecendo uma água” (Tom)</i> <i>“É um processo que possui alto poder de oxidar e pode promover a degradação de vários compostos” (Midas)</i>
Associação a outros fatores	5	<i>“O processo de catalizador” (Lorena)</i> <i>“São processos que separam uma grande parte do corante da água” (Kayn)</i> <i>“Entendi que são processos bem delicados e demorados, mas, bem úteis” (Laryssa)</i>
Não mostrou compreensão	1	<i>“Entendi que todos os efluentes vão ser vendidos” (Lorena)</i>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

As respostas indicaram que 8 (oito) estudantes mostraram uma boa compreensão sobre o processo, associando-o diretamente à Descoloração através do uso da luz ultravioleta e à degradação do corante por oxidação. Eles explanaram sobre algumas etapas da técnica POA, destacando o uso da luz ultravioleta e da oxidação utilizando a água oxigenada. Outros 5 (cinco) estudantes mostraram uma compreensão bem mais limitada, restringindo-se à



associação do processo a um tipo de catálise (sem menção ao uso do óxido ferroso, em meio ácido) (1), à separação do corante da água (1) ou à sua eficiência (3). Por sua vez, um estudante não mostrou compreensão.

Esses processos oxidativos envolvem a geração de radicais livres hidroxilas ( $\text{HO}\bullet$ ), para atuarem como principais agentes oxidantes. Como já vem sendo pesquisado e utilizado em processos industriais, como destacado no produto educacional e discutido com os estudantes nos momentos da SDIP, com menções a Zanela (2010) e a Brito e Silva (2012), a partir do emprego desses processos oxidativos, tais espécies radicalares têm sido utilizadas para promover uma degradação mais efetiva de poluentes a serem tratados, como os efluentes de indústrias têxteis. No entanto, a compreensão desses aspectos técnico-científicos presentes nos POA não é simples para estudantes nessa fase de escolarização, especialmente porque, em geral, não são trabalhados dentro do currículo e quando o são, usualmente isso ocorre de modo fragmentado, desconexo e descontextualizado, dentro de abordagem conteúdos de físico-química e de química orgânica.

Ainda na questão 4 (alternativa “C”), avaliando as técnicas de tratamentos de efluentes têxteis abordadas experimentalmente, foram analisadas as compreensões dos estudantes em relação a qual seria a técnica com um custo/benefício mais adequado para o tratamento de efluentes na região do Agreste pernambucano. Entre os participantes, 8 (oito), 53%, indicaram a eletrofloculação, por apresentar o menor custo e mais praticidade; somente 1 (um) indicou o POA, por ser um procedimento mais seguro. Nesse caso, percebeu-se que os conhecimentos presentes nas respostas dos estudantes ao questionário foram, em sua maioria, condizentes com o que a ciência propõe como possibilidade para mitigar os problemas relacionados aos efluentes. Tal posicionamento reflete parte das discussões realizada no experimento, especialmente sobre as concepções de Paschoal e Tremiliosi Filho (2005), que consideram a eletrofloculação uma técnica promissora no processo de tratamento e de reuso de água de efluentes têxteis, por possibilitar de forma rápida a oxidação parcial do corante índigo.

Ainda analisando a alternativa “C” da questão 4, verificou-se que 5 (cinco) estudantes responderam que a mais eficaz seria aquela que tratasse de forma mais adequada, com menos consumo de água, para evitar a poluição das fontes aquáticas. Apesar de não se posicionarem sobre qual seria a técnica mais eficiente, eles impuseram um condicionante à escolha. Isso demonstra uma preocupação com a preservação das fontes aquáticas, relatando que a técnica mais eficiente precisa consumir pouca água e que não polua o ambiente. Esse tipo de concepção se associa a um entendimento que soluções plausíveis para os problemas

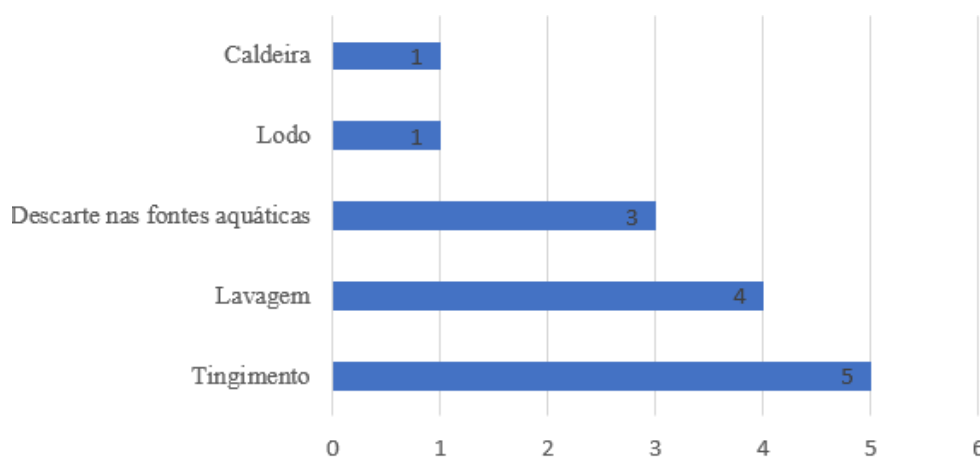
ambientais causados pelos rejeitos das indústrias têxteis locais também precisam considerar o consumo de água.

As análises sobre as considerações dos estudantes quanto às aplicações tecnológicas para o beneficiamento do jeans consideraram também suas respostas às questões 5 e 6. Iniciaremos pela questão envolvendo a eficácia da técnica de tratamento de efluentes na empresa de lavanderia visitada. Quanto a isso, todos os participantes responderam que a técnica utilizada na lavanderia é eficaz. Nesse caso, 6 (seis) estudantes enfatizaram que, após o tratamento realizado, o efluente não polui o ambiente, principalmente o rio que passa por trás da lavanderia. Por sua vez, em suas justificativas, outros 4 (quatro) estudantes enfatizaram a importância da eficácia do tratamento para a reutilização da água tratada do efluente, pois a lavanderia visitada utiliza até 70% (setenta por cento) dessa água para as novas lavagens de jeans tingidos. Portanto, de modo geral, os estudantes consideraram que a lavanderia utiliza uma técnica eficaz porque faz o uso consciente da água, reutiliza parte da água tratada em novas lavagens e poluem menos o rio Capibaribe, ajudando na sua preservação.

As respostas dos estudantes sobre qual a etapa da produção do jeans era considerada a mais poluente (questão 6) ajudaram na compreensão de suas ideias sobre aplicações tecnológicas para o beneficiamento desse produto. A figura 20 exibe o conjunto listado.

**Figura 20 – Etapas mais poluente da produção de jeans, de acordo com os estudantes.**

**ETAPA MAIS POLUENTE DA PRODUÇÃO DE JEANS, DE ACORDO COM OS ESTUDANTES**



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O tingimento (5) e a lavagem (4) foram consideradas como as etapas mais poluentes. Como ocorre em muitas lavanderias têxteis, conforme citado na literatura (ARAÚJO et al, 2019), os estudantes puderam verificar que no beneficiamento de peças de jeans, além da

dependência do consumo exagerado de água, essas etapas utilizam processos químicos e físicos. Uma possível consequência da geração desses efluentes e de seu descarte, sem o devido tratamento, é sua ação poluidora aos corpos hídricos e ao solo. Porém, como a lavanderia visitada realiza um tratamento essa carga é minimizada. Talvez esse tenha sido um motivo para que, em suas respostas, apenas 3 (três) estudantes tenham considerado o descarte nas fontes aquáticas a etapa mais poluente do processo.

Os diálogos formulados ao longo da visita técnica contribuíram para que os estudantes verificassem um ponto importante do planejamento e condução do beneficiamento em uma lavanderia de jeans, corroborando com os posicionamentos de Luiz e Valentim (2020): não há uma sequência específica de métodos a serem seguidos, mas sim um objetivo final a ser alcançado: a demanda de cada cliente. Os estudantes puderam verificar na prática que objetivo dos processos realizados nas lavanderias é tornar as peças mais confortáveis e atrativas aos consumidores, seguindo as tendências do mercado. Para tanto, nessas diferentes etapas do beneficiamento, há a utilização de vários aspectos relacionados ao conteúdo soluções, como a dissolução e a diluição de produtos e de soluções químicas, de concentrações distintas, que envolvem os tingimentos e as lavagens dos jeans, e contribuem para as características indesejáveis dos efluentes. E em muitos casos, com a ausência da fiscalização direta dos órgãos governamentais responsáveis por essa função, sem o devido tratamento, efluentes poluidores podem chegar ao meio ambiente.

#### *4.4.4 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos quanto ao reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional*

A análise da SDIP se voltou à avaliação sobre o reconhecimento da importância social do jeans para o desenvolvimento regional, especificamente quanto à importância da produção para a população (questão 7). Três aspectos se destacaram nas falas dos estudantes: a melhoria na economia (7), o aumento na renda familiar (3), as tendências de moda no mercado (2) e ameaças causadas pela poluição gerada (2). Essas compreensões indicam uma visão de aspectos sociais mais próximos ao fator econômico, mas também uma interação socioambiental. Assim, pelas falas dos estudantes, verifica-se o quanto, de fato, o jeans é um segmento que cresce a cada dia e se torna muito importante na sociedade local, no entanto, que também é necessária a adoção de medidas para as consequências geradas na produção desse tipo de vestimenta, como é o caso da poluição ambiental.

Quem vive ou convive nos municípios do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco, como é o caso dos participantes da pesquisa, comprova o destaque feito por Costa e Rocha (2009) que o mercado *jeanswear* é um importante impulsionador da economia, gerando milhares de empregos nas cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e, especialmente, Toritama, que é um importante polo produtor de denim no Brasil. Além das empresas de confecção, essas cidades, principalmente Toritama, possuem indústrias de beneficiamento que realizam tratamentos e customizações para outros negócios, aumentando ainda a produção de empregos direta ou indireta no segmento *jeanswear*, que têm melhorado as rendas das famílias, dentro de uma produção rica, variada e atenta às tendências de mercado.

Do beneficiamento, passando pela confecção até chegar à pronta-entrega, as indústrias e o comércio da região acarretam diferentes formas de poluição. Descartes inapropriados e sem tratamento de retalhos de tecidos e de efluentes dos beneficiamentos interferem na paisagem, afetam a qualidade do ar e atingem vias, valas e esgotos, afetando o sistema de esgotamento pluvial e sanitário, e descendo para o rio Capibaribe.

#### *4.4.5 Aplicações de aspectos CTSA nos posicionamentos sobre as implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente*

A questão 8 trazia duas alternativas que permitiram analisar compreensões dos estudantes sobre as implicações do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente. Ao se perguntar se é indicado lançar o efluente ou água da lavagem sem tratamentos nos rios e lagos, todos os participantes responderam que não é indicado, e como justificativas para esse posicionamento apontaram para a necessidade de um pré-tratamento antes de se lançar esse tipo de material nos corpos hídricos. Aparentemente considerada uma resposta óbvia, a atividade antrópica poluidora vem se naturalizando bastante, em particular no Brasil, especialmente nos últimos anos. Ações antrópicas negativas têm sido comuns no bioma caatinga e se espalhado aos centros urbanos das cidades do Polo Têxtil do Agreste. Assim como ocorre em diferentes lugares do Planeta, não é incomum que, em defesa de um desenvolvimento econômico, o lançamento de efluentes não tratados tenha passado a fazer parte do cotidiano de muitas pessoas e se incorporado passivamente à paisagem local. Isso inclui o lançamento de efluentes de muitas das lavanderias do Polo Têxtil do Agreste. Portanto, admitir a inadequação do lançamento de efluentes de lavanderias de jeans para o meio ambiente é uma atitude positiva dos estudantes, atitude que foi reforçada na vivência da

SDIP. Porém, em que pese esse grau de consciência, verificou-se também que as explicações constantes nas respostas dos estudantes careciam de uma abordagem químico-conceitual.

A maior parte dos poluentes encontrados nos efluentes são produtos químicos que, quando descartados sem tratamento em corpos hídricos, alteram as propriedades físico-químicas do meio. Além disso, a alta concentração de matéria orgânica nesses efluentes pode levar à multiplicação rápida de bactérias heterotróficas nos corpos hídricos, o que pode comprometer a sobrevivência de seres aquáticos devido à competição por oxigênio. Como foi explorando na SDIP e consta nos levantamentos de Peixoto, Marinho e Rodrigues (2013), além dos metais, os corantes são os contaminantes mais preocupantes em efluentes têxteis, devido às suas características de alta solubilidade, nocividade e baixa degradabilidade. Os corantes presentes nos efluentes também podem prejudicar a penetração de luz e conseqüentemente a quantidade de oxigênio dissolvido. Além desses efeitos, os efluentes têxteis podem apresentar potencial carcinogênico e mutagênico, que são efeitos causados pelo índigo em ratos, em teste realizados em laboratório (Antunes e Araújo, 2000).

Os estudantes também propuseram medidas para o reuso ou descarte de efluentes de lavanderias (questão 8B). Dos participantes, 10 (dez) estudantes indicaram a necessidade de ser realizado algum tratamento do efluente, enquanto 4 (quatro) estudantes indicam que a medida mais correta é reutilizar a água tratada. Como pode ser visto, eles acabaram sem compreender a questão e terminaram elegendo um entre os dois aspectos. Ainda assim, novamente, não houve detalhamentos envolvendo a relação entre as dimensões científica e tecnológica, inclusive, sem vincular aspectos abordados ao longo da SDIP, como as tecnologias trabalhadas no experimento e aquelas vivenciadas na visita à lavanderia industrial.

#### **4.5 Avaliações dos estudantes sobre a estruturação e o desenvolvimento da SDIP**

A maioria dos 14 (catorze) estudantes, 93%, considerou que a quantidade de aulas foi suficiente para a abordagem dos conteúdos dentro da proposta temática. No entanto, metade desses estudantes não apresentaram justificativas sobre o porquê dessa atribuição. Apenas um aluno respondeu que a quantidade de tempo das aulas não foi suficiente para entender todo o conteúdo trabalhado. A seguir são compiladas algumas dessas falas.

*“Por mim foram boas e informativas, apesar de eu ainda ter que organizar as informações dadas” (Tom)*

*“Foi sim, pois a cada aula aprendemos algo diferente e em seguida fomos colocando em prática” (Lia)*

*“Não, a quantidade de tempo das aulas não foi o suficiente para entender o conteúdo todo” (Nythan)*

O componente temporal é um elemento importante dentro de uma SD. Por isso, a uma avaliação positiva por parte da maioria dos estudantes quanto à adequação do tempo em relação ao conteúdo e às atividades propostas foi um resultado animador. Junto à executabilidade das ações em todos os momentos pedagógicos desenvolvido, esse dado traz uma valiosa contribuição, pois como Guimarães e Giordan (2012) destacam, o tempo é uma variável limitante nas situações de sala de aula. Como alguns estudantes não argumentaram os porquês de suas colocações e pelo fato de uma negativa quanto à adequação do tempo, essa análise do tempo designado para as atividades mereceria mais informações dentro das respostas elaboradas para melhor avaliar se eram condizentes ao externalizado.

Os estudantes avaliaram se o produto educacional utilizado ao longo da SDIP contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem. Em suas falas, foram unânimes ao responderem afirmativamente, como mostram as falas de dois participantes:

*“Sim, pois tinha todas as informações sobre os jeans” (Marie)*

*“Completamente, nela tem conteúdos que me fizeram entender desde o início do processo até o final” (Sen77)*

A elaboração da cartilha foi um processo que demandou muito tempo e dedicação. A professora-pesquisadora teve que realizar levantamentos, desenvolver roteiros, escrever textos, e buscar e se inteirar com ferramentas digitais de design gráfico, e de captura e de edição de imagens e sons. Foi um rico e cansativo aprendizado, mas que resultou em um instrumento didático que auxiliou no desenvolvimento da SDIP e na coleta dos dados da pesquisa.

As versões em pdf e mp4 da cartilha permitiram que os estudantes tivessem acesso a dois formatos, um impresso e outro digital-dinâmico. Assim, ao longo das atividades, em casa ou em outro local, eles podiam consultar o material fisicamente ou computadores, *tablets* e, principalmente, em seus *smartphones*.

O produto educacional deu suporte abordagem para operacionalizar uma SDIP, no sentido expresso por Vidrik et al (2020), ou seja, de uma SD com enfoque investigativo pois a abordagem mediada contribuiu para a vivência e para o engajamento da turma com as discussões ao longo da tentativa de resolução de um problema, dentro de um processo no qual puderam exercitar práticas utilizadas na prática científica, como raciocínios de comparação, análise e avaliação. Adicionalmente, em concordância com propostas nessa direção, como em Santos e Galembeck (2018), a cartilha contribuiu para que os estudantes também assumissem

uma postura de envolvimento nas discussões e nas interações, tanto entre si, quanto com a professora-pesquisadora e com o próprio material didático.

Esta pesquisa permitiu responder o problema da pesquisa “Como abordar junto a estudantes do ensino médio, dentro do ensino aprendizagem de química, questões referentes a descoloração do efluente azulado, resultante do processo de beneficiamento em lavanderias de jeans?” dentro de uma SDIP em cinco etapas desenvolvidas nos momentos pedagógicos: i) descrição da interação dos estudantes com a problematização da pesquisa; ii) construção de modelos moleculares nas formas reduzida e oxidada do corante índigo; iii) demonstrações da eletrofloculação e POA na aula experimental; iv) visita a lavanderia industrial; e v) avaliação da SDIP. A proposta da SDIP foi trabalhada numa abordagem temática “tratamento de efluentes de lavanderias industriais” no conteúdo soluções no ensino de química, perpassando por diversos eixos organizadores das dimensões CTSA, como os efluentes têxteis, o beneficiamento de jeans, a produção e comercialização de jeans, o tratamento de efluentes e a poluição da água, baseado no cotidiano do estudante.

Os momentos pedagógicos da SDIP contribuíram para que os estudantes também assumissem uma postura de envolvimento nas discussões, interações, reflexões, ponderações e explicações, mediadas pela professora-pesquisadora dentro de uma ampla quantidade de conteúdos, distribuídos em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA). Para tanto, essa SDIP atinge os objetivos da pesquisa promovendo uma alfabetização científica dos estudantes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa permitiu avaliar o desenvolvimento e impactos da aplicação da SDIP aqui trabalhada, que norteou a abordagem temática junto a estudantes do ensino médio, sob um enfoque CTSA, baseada no tratamento de efluentes de lavanderias de jeans do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco. Tendo como eixos organizadores das dimensões CTSA os efluentes têxteis, o beneficiamento de jeans, a produção e comercialização de jeans, o tratamento de efluentes e a poluição da água, de forma exequível e dentro do limite temporal proposto. A SDIP veiculou uma ampla quantidade de conteúdos, distribuídos em aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA).

Os objetivos associados aos objetos de conhecimento químico foram abordados dentro de uma proposta temática, diferente da tradicionalmente praticada nas metodologias curriculares do ensino médio. A organização temática propiciou uma interação entre o discurso científico da química e o discurso cotidiano, na qual foi enfatizada a abordagem de apenas alguns conceitos fundamentais vinculados à temática, mostrando a sua inter-relação e sua aplicação a problemas sociais, tecnológicos e ambientais. Nesse sentido, o conteúdo soluções recebeu uma abordagem prioritariamente qualitativa, apesar de o aspecto quantitativo ter sido contemplado, em relação à concentração das soluções. Desse modo, os estudantes puderam vivenciar uma abordagem contextual baseada na atividade produtiva predominante do seu contexto imediato e puderam verificar que o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans é um tema que envolve a compreensão de alguns princípios fundamentais da química.

Conforme verificado no levantamento das concepções prévias dos estudantes, desafios enfrentados pela comunidade local em relação ao tratamento de efluentes têxteis das lavanderias eram desconhecidos, e puderam ser vivenciados nas abordagens e discussões dentro da SDIP. Junto a isso, ao longo das atividades, os estudantes puderam refletir sobre concepções de cidadania e desenvolvimento tecnológico, relacionando-as à situação socioeconômica e ambiental associada ao beneficiamento de jeans.

A geração e a necessidade de tratamento de efluentes trouxeram para o ambiente escolar uma abordagem também voltada ao desenvolvimento de atitudes e valores, possibilitado a integração de aspectos éticos no ensino de química dentro de uma abordagem dos conteúdos contemplando o contexto social dos estudantes. Com isso, a poluição de efluentes ganhou subsídios para a composição de argumentos que superassem o senso comum de considerar simplesmente “a poluição como algo ruim”, sem ter conhecimentos suficientes



para se posicionar sobre suas causas, consequências, nem de como apontar soluções para evitá-la ou diminuí-la.

A partir das concepções prévias dos estudantes sobre os aspectos químicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à produção e comercialização de jeans, incluindo os efluentes contendo corantes, conseguimos traçar a problematização da pesquisa junto aos estudantes. Através da execução do vídeo baseado na poluição do rio Capibaribe vem sendo agredida através das indústrias têxteis locais, os estudantes junto a professora-pesquisadora levantaram hipóteses como medidas educativas para solucionar a problemática da região.

Evidenciamos que há uma necessidade de aprofundamento da abordagem CTSA, não se restringindo apenas às questões tecnológicas e ambientais como foi exposto nas produções textuais, mas possibilitando uma abordagem que contemple diferentes aspectos. Esse aprofundamento refere-se também ao tratamento conceitual em termos de conhecimentos químicos envolvidos no tema abordado. Lembrando que o conteúdo exposto na pesquisa foi trabalhado no ano anterior e revisado ainda este ano, antes da aplicação da pesquisa. A falta de interesse da turma pela matéria química contribuiu para que esse aprofundamento nos conceitos químicos não fosse evidenciado.

Adicionalmente, os conceitos abordados nessa sequência didática não estarão propostos para serem esgotados nessa abordagem. Pretende-se que reapareçam em outros momentos do ensino-aprendizagem escolar de química dessa turma, tanto naqueles relacionados a soluções quanto a outros tópicos do currículo.

Essa SDIP também indicou que a abordagem CTSA possibilitou o aumento das interações dialógicas em sala de aula. Ao introduzir o enfoque CTSA, os estudantes puderam estabelecer relações com fatos do cotidiano e isso contribuiu para que exercitassem a escrita científica, a linguagem técnica e o pensamento crítico.

As aulas experimentais demonstrativas no espaço escolar contribuíram para que os estudantes se posicionassem de forma mais crítica na visita da lavanderia como também transpusessem essa reflexão a outro contexto, questionando a coloração da água do bebedouro da escola (abastecida por carro pipa). Por meio da experimentação, eles puderam evidenciar que as técnicas de eletrofloculação e as POAs podem ser alternativas para os tratamentos de efluentes têxteis nas lavanderias. Outro aspecto propiciado pela SDIP foi a maior discussão gerada quanto a importância do reaproveitamento de água, já que nas casas dos estudantes como também nas lavanderias industriais não há abastecimento de água diariamente, por parte da COMPESA.

A visita à lavanderia industrial de jeans foi uma atividade experimental diferente e de grande significância para os estudantes. Nenhum dos estudantes conhecia uma instalação dessa natureza. Também não conheciam o processo de beneficiamento do jeans, nem na teoria nem na prática. Assim, as atividades experimentais no laboratório da escola e na lavanderia foram mutuamente complementares.

O produto educacional utilizado contribuiu para o desenvolvimento e êxito da SDIP. Seu papel não se restringiu à ilustração de aplicações práticas ou de apresentação de roteiros de atividades experimentais. Ele foi bem além. Efetivou-se como um recurso didático auxiliar, de apoio ao processo, útil aos estudantes e à professora-pesquisadora, servindo como fonte de informações e de registro. Por meio de uma abordagem contextual do jeans, ele contribuiu para interação dos estudantes com a história, os materiais, as formas de produção, o mercado e os impactos do seu uso, dentro de uma visão CTSA. O seu uso permite ao professor estabelecer diálogo com os estudantes, de forma que perceba as interpretações que eles fazem sobre o mundo e sobre a ciência, promovendo uma nova dinâmica em sala de aula. Adicionalmente, a formatação do produto educacional em meio digital acrescenta-lhe potencialidade, pois lhe confere um baixo custo, ou ausência de custos, para utilização nas escolas.

Algumas limitações do trabalho são destacadas, na expectativa que tal análise contribua na evolução de estudos futuros. Do ponto de vista metodológico, a coleta de dados poderia incluir um diário de bordo para a professora-pesquisadora e poderiam ser realizadas entrevistas semiestruturadas. Elas poderiam trazer informações adicionais, talvez mais esclarecedoras, aos questionários. Outro aspecto seria a inclusão de tarefas pós momentos formativos, para serem feitas em casa ou noutro momento do horário escolar (sem ser na aula de química), pois um dos problemas dessas atividades é a limitação de estudo ao contexto de realização da atividade.

Espera-se que a pesquisa realizada e as limitações indicadas suscitem novos interesses pelos aspectos abordados. Que ela possa, de alguma forma, contribuir para a área e estimular a continuidade e a proposição de outras investigações para compreensão e melhoria de problemas relacionados ao ensino-aprendizagem de química.

## REFERÊNCIAS

ABRAVEST - Associação Brasileira de Vestuário. (2020). **Pernambuco é o maior polo de jeans do Brasil**. GBL Jeans. <https://abravest.org.br/site/pe-e-o-maior-polo-de-jeans-do-brasil-gbl-jeans/>.

ALMEIDA, A. M. B. Roupa Suja se Lava em Casa: A Seca no Agreste Pernambucano e a Gestão Ambiental na Lavanderia Água Limpa. **Administração Pública e Gestão Social** [en linea], v. 5, n. 3, p.134-138, 2013. [fecha de Consulta 11 de abril de 2023]. ISSN: 2175-5787. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351556455007>.

ANDRADE, R. da Silva; VIANA, K. da S. L. Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.

ANTUNES, L. M. G.; ARAÚJO, M. C. A. P. Mutagenicidade e antimutagenicidade dos principais corantes para alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 13, p. 81-88, 2000.

ARAÚJO JR., J. C. M. de. **Avaliação dos níveis de concentração de metais pesados em sedimentos superficiais do Rio Capibaribe**. Dissertação (Mestrado em Geociências) da Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

ARAÚJO, W. C. de; JESUS, J. O. N. de; PEDRO, F. J. D.; RODRIGUES, L. K. de O.; SANTOS, D. S.; SANTOS, I. da S. Estudo socioeconômico do Polo de Confecções no Agreste de Pernambuco: uma análise descritiva e exploratória/ Socioeconomic study of the clothing pole from the Agreste Pernambucano: a descriptive and exploratory analysis. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 26812–26826, 2019.

AQUINO NETO, S. D.; MAGRI, T. C.; SILVA, G. M. D.; ANDRADE, A. R. D. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de formação em química. **Química Nova**, v. 34, p. 1468-1471, 2011.

ALVES, M. M. **Processos eletrolíticos no tratamento de efluentes industriais e lixiviado de aterros: revisão sistemática**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental: controle da poluição urbana e industrial) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 167-188, 2007.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Seminário Ibérico CTS no ensino das ciências: las relaciones CTS en la Educación Científica**, v. 4, p. 1-7, 2006.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, p. 1-13, 2001.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. dos S. Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009.

AZEVEDO, M.C.P.S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: \_\_\_\_\_. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. A. M. P. de C. (Org). São Paulo. Thomson, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições, v. 70, p. 229, 2011.

BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 25, p. 625-645, 2019.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C.R. M. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.º 48/2, p. 1-10, 2009.

BEZERRA, E.; CORTELETTI, R. de F.; ARAÚJO, I. M. de. Relações de trabalho e desigualdades de gênero na indústria têxtil e de confecções do Nordeste. **Caderno CRH**, v. 33, 2021.

BEZERRA, A. A. D. S.; FREITAS, L. S de. Avaliação das atividades de uma lavanderia industrial à luz da Produção Mais Limpa no polo de confecções de Santa Cruz do Capibaribe – PE. **XVI SEMEAD Seminários em Administração**. Santa Cruz do Capibaribe–PE. 2013.

BEZERRA, F. F. N.; MONTEIRO, M. do S. L. Sistema de gestão ambiental ou produção mais limpa? Estudo de caso nas indústrias de confecções com lavanderia, Teresina, Piauí. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 3, n. 1, 2009.

BIONE, M. A. A.; DANTAS, R. D. L.; TAVARES, R. G.; ALBUQUERQUE, C. D.; SOARES, T.; SILVA, E. D. F. Poluição do Rio Capibaribe por esgoto doméstico. **IN: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2009.

BORBA, F. H. **Aplicação dos processos foto-fenton e eletrofloculação no tratamento de efluente de curtume**. 137p. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Química) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: Disponível em: [http:// basenacionalcomum.mec.gov.br/](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/) Acesso em: 31ago 2022.

\_\_\_\_\_. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília. MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

\_\_\_\_\_. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): textos teóricos e metodológicos**. Brasília, DF: MEC/INEP, 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília, Distrito Federal, p.26, 2009a.

\_\_\_\_\_. Parâmetros Curriculares Nacionais. Linguagens, códigos e suas tecnologias. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, v. 1, 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional de Fortalecimento dos Conselhos Escolares**. Gestão da educação escolar. Brasília: UnB, CEAD, 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+)** - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretaria Média e Tecnológica–Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

\_\_\_\_\_. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9.394, 1996.

BRITO, N. N.; SILVA, V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 3, n. 1, 2012. DOI: 10.5216/reec.v3i1.17000. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/17000>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. S. dos S. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

CAAMAÑO, A. Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. **Educación Química**, v. 29, n. 1, p. 21-54, 2018.

CABRAL, M. L. B; MARCELINO JR., C. de A. C. Uma abordagem experimental problematizadora no ensino escolar de química: o tratamento de efluentes têxteis de lavanderias de jeans. **Escola em tempos de conexões: ConeduVII. V.3**, p. 2200- 2222, 2022.

CALVACANTI, J. W. B.; BEZERRA, M da S.; ANJOS, J. A. L. dos. Abordagem CTSA: técnicas de separação de mistura presentes no cotidiano um caminho para o empoderamento e a motivação intrínseca do alunado no processo de ensino-aprendizagem. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

CARMO, M. P. do; MARCONDES, M. E. R. Abordando Soluções em sala de aula: uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**, n. 28, 2008

CARMO, M. P. do; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução. **Enseñanza de las ciencias, n. Extra**, p. 1-5, 2005.

CARMO, M. P. do; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. A. de A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 35-52, 2010.

CARVALHO, A. W. A. de. **Publicidade e cor: contribuição dos pigmentos interactivos com o ambiente**.137f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Têxtil (área de especialização Design e Marketing) - Universidade do Minho, Portugal, 2009.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – RBPEC**, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2013.

CARVALHO, Í. N. de. **Uma proposta de critérios para selecionar conteúdos conceituais para o ensino médio de biologia**. 73p. Dissertação (Mestrado - Programa de pós-graduação em ensino, filosofia e história das ciências) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física. Salvador, 2016.

CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio?. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, 2011.

CARVALHO, A.; PEREZ, D. **O saber e o saber fazer dos professores**. In a. d. CASTRO e A. M. P. CARVALHO (Org.), Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média (pp.107-124). São Paulo, SP: Cengage Learning Editores, 2001.

CASTELEINS, V. L. Dificuldades e benefícios que o docente encontra ao realizar aulas práticas de química. In: **Congresso Nacional de Educação**. 2011. p. 16399-16407.

CATOIRA, L. **Jeans: a roupa que transcende a moda**. Aparecida: Ideias e Letras, 2006.

CERQUEIRA, A. A. **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

CHASSOT, A. **Para quem é Útil o Ensino**. 3. ed. Canoas: Ed. Da Ulbra, 2014.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 4 ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

COMETTI, J. L. S.; SILVA, F. L. da; SANTOS, F. J. H dos; LIMA, V. A. Diagnóstico ambiental comparativo entre 2014 e 2015 das indústrias têxteis (lavanderia de jeans) do município de Toritama-PE. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Campina Grande/PB. 2016.

CONRADO, D. M. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. 2017. 218 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

CONRADO, D.M.; NUNES-NETO, N. Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas [online]. Salvador: **EDUFBA**, p. 77-118, 2018.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Cientificismo: uma análise crítica do discurso no ensino superior de biologia. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA EM EDUCAÇÃO, 5., 2016, Porto. **Atas**. Porto: Universidade Lusófona do Porto, p. 1054-1059, 2016a.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Análise crítica do discurso sobre imagens da ciência e da tecnologia em argumentos de estudantes de biologia. **Revista de Pesquisa Qualitativa**, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 218-231, 2016b.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. In: **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia (SINECT 2010)**. Ponta Grossa, UTFPR, 2010.

COSTA, A. C. R. da; ROCHA, É. R. P. da. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202, 2009.

COSTA, E. de O.; SANTOS, J. C. O. Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água. Encontro Regional de Química e Encontro Nacional de Química, 5. e 4.; 2015, Mossoró. **Proceedings [...]**. São Paulo: **Blucher**, 2015.

CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia: um convite**. Editora da UFSC. Florianópolis: Brasil, 2011.

DELIZOICOV, D. **Problemas e problematizações**. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 125-150, 2001.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, 1996.

FACCIOLI, G.; BARBOSA, L. A.; NETO, J. M. F. A. Sustentabilidade na gestão da indústria têxtil: aplicações enzimáticas no tratamento de efluentes. **Prospectus** (ISSN: 2674-8576), v. 2, n. 1, 2020.

FARIAS, T. L. da S.; SANTIN FILHO, O. S. F. Da cor púrpura ao blue-jeans: uma abordagem histórica da ciência nas salas de recursos multifuncionais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 59-89, 2020.

FECHINE, P. B. A.; DIÓGENES, F. J. M. O. Jogo das Soluções: Simulando um Experimento no Laboratório de Química Utilizando uma Proposta Lúdica Para o Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 6, 2016.

FERMANIAN NETO, A.; SILVA, C. C. da. Contribuição de uma Sequência Didática para o estudo de soluções no Ensino Médio numa abordagem CTS. **Anais da Semana de Licenciatura**, v. 1, n. 1, p. 533-545, 2019.

FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & produção**, v. 17, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, W. M.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D.; SANTOS, B. L.; PITANGA, A. F. Corantes: Uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.

FERREIRA, J. A. de M. G. **Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções: proposta de ensino contextualizada**, 121f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C de. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FINGER, I.; BEDIN, E. A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 8-24, 2019.

FIRME, R. do N.; AMARAL, E. M. R. do. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, p. 383-399, 2011.

FLECK, L. **Aplicação do controle estatístico de processos ao tratamento de um efluente têxtil por eletrofloculação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Utilização da técnica de eletrofloculação para o tratamento de efluentes têxteis: uma revisão. **Revista Eixo**, v. 2, n. 2, p. 51-65, 2013.

FORNARI, M. M. T. al. Aplicação da técnica de eletro-floculação no tratamento de efluentes de curtume. 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

FRANCISCO, I. F. da S. **Análise dos usos múltiplos da água da barragem de Jucazinho na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado



Profissional– Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF – Água) Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química nova na Escola**, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 43ªed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 33ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia do Oprimido**. 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

\_\_\_\_\_.; SHOR, I. **Medo e Ousadia – O Cotidiano do Professor**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

GIFFONI, J. de S.; BARROSO, M. C da S.; SAMPAIO, C. de G. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 6, pág. e13963416, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GIL PÉREZ, D.; TORREGROSA, J. M. **La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa**. Madri: Ministério de Educación y Ciencia, 1987.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 1-12, 2011.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M.T. Resolução de problemas e atividades experimentais no ensino de química. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Curitiba, 2008.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 13, n. 2, p. 187 – 207, 2008.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A circulação inter e intracoletiva de pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 1, p. 181-204, 2012.

GONÇALVES, F. P.; GALIAZZI, M. DO C. **A natureza das atividades experimentais no ensino de ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de licenciatura**. In: Moraes, Roque e Mancuso, Ronaldo (orgs.). Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores. Editora Unijuí. 2004.

GONDIM, M. S. **Ensino de Ciências: Sequência Didática Multissensorial sobre Solos**. 64f. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2016.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química nova**, v. 23, p. 71-78, 2000.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

GUIMARÃES, Y.; GIORDAN, M. Elementos para validação de sequências didáticas. **Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 9, p. 1-8, 2013.

JERÔNIMO, T. B.; GALVÃO M. B.; FALCÃO, J. M. S. L. Proposta de utilização do environment to businesses em projetos de recursos hídricos de despejo de produtos químicos: estudo de caso das lavanderias no município de Toritama. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 7, p. 366-378. 2012.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG, B. Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. **Alambique**. V 15, n. 63, p.11-18, 2010.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. **Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, 2007.

KUCHLA, M.; SOUZA, L. de B. P. de. Desenvolvimento de um Caso Simulado CTS através do Uso da Técnica de Controvérsia no Ensino de Química Orgânica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, p. 68-81, 2017.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. D.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

LEAL, M. C. **Didática da química: fundamentos e práticas para o ensino médio**. Belo Horizonte: Dimensão, 120 p, 2009.

LEAL, S. M.; FONSECA, J. A Investigação-Ação como instrumento de desenvolvimento profissional. In F. Sousa, L. A. e M. C. R. (Orgs.). **Investigação para um currículo relevante**, Coimbra: Almedina. ISBN 978-972-40-5156-7. p. 163-177, 2013.

LEITE, M. B. **Abordagem contextual no capítulo de soluções em livros didáticos de química aprovados pelo PNDL/2012**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

LEITE, L. R.; LIMA, J. O. G.de. O aprendizado da Química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 96, p. 380-398, 2015.

LIRA, J. A. S. **Contribuições do podcasting como recurso estimulador para o ensino e aprendizagem de química através de uma abordagem CTSA sobre o descarte de**

**efluentes têxteis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Química - Licenciatura) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.

LUIZ, S.; VALENTIM, A. F. Lavanderia em jeans e a sustentabilidade em moda: comparativo entre processos tradicionais e ecológicos. **Projetica**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 297–326, 2021. DOI: 10.5433/2236-2207.2021v12n1p297. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/37140>. Acesso em: 19 jun. 2023.

LUZ, A. R. de O. **O estudo de conceitos químicos em uma abordagem CTSA por meio da temática corantes têxteis.** Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Campus Jataí, 2017.

MACEDO, L. **Competências e habilidades: elementos para uma reflexão pedagógica.** Brasília: INEP. 1999.

MACENO, N. G., RITTER-PEREIRA, J., MALDANER, O. A.; GUIMARÃES, O. M. A matriz de referência do ENEM 2009 e o desafio de recriar o currículo de química na educação básica. **Química nova na escola**, v. 33, n.3, p. 153-159, 2011.

MACHADO, C. R. de A.; SOUSA, D. P. B.; SILVA, G. C. S. da. A busca por soluções para a poluição hídrica: um estudo de caso sobre tratamento de efluentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 14115-14122, 2022.

MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do; SUART, R. C.; SILVA, E. L. da; SOUZA, F. L.; SANTOS JR., J. B.; AKAHOSHI, L. H. Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. **Investigações em ensino de ciências**, v. 14, n. 2, p. 281-298, 2009.

MARCONDES, M. E. R.; SOUZA, F. L. de; AKAHOSHI, L. H.; SILVA, M. A. E. da. **Química orgânica: reflexões e propostas para o seu ensino.** [S.l: s.n.], 2014.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica.** 7ª edição. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2010.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S.; LINDEMANN, R. H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. **Química Nova**, v. 30, p. 2043-2052, 2007.

MARTINS, F. R.; DELOU, C. M. C.; CARDOSO, F. S. O Papel da Experimentação como Proposta no Ensino de Química: Uma Revisão das Publicações na Revista Química Nova na Escola. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, 2019.

MÉKSENAS, P. Aspectos metodológicos da pesquisa empírica: A contribuição de Paulo Freire. **Revista Espaço Acadêmico.** Maringá (PR), ano VII, n.78, 2007.

MELO, M. S. de; SILVA, R. R. da Atividades Demonstrativas-Investigativas no Ensino de Química. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ).** Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

MELO, Â. G. de; SANTOS, M. L. dos; ARAÚJO, C. S. T. Sequências didáticas no ensino de química: possibilidades para a experimentação. **Revista Ciências & Ideias**. ISSN: 2176-1477, v. 12, n. 3, p. 173-193, 2021.

MERCHÁN, N. Y. T. Enfoque CTSA desde una perspectiva freireana: contribuciones a una educación para el desenvolvimiento sustentable. **Educación y ciencia**, n. 14, p. 1-12, 2011.

MIRANDA, M. de S.; MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. de C. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, p. 555-583, 2015.

MIRANDA, A. C. G.; PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. Temas geradores através de uma abordagem temática freireana: contribuições para o ensino de ciências. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, 2017.

MITCHAM, C. **Thinking through technology: the path between engineering and philosophy**. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.

MÓL, G. de S. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, 5(9), p. 495-513, 2017.

MOREIRA A. E. R. **O sol, a terra e os seres vivos: uma proposta de sequência didática para o ensino de Ciências na Educação de Jovens e Adultos**. 96f. 2015. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2015.

MOREIRA, A. F. B.; CANDAU, V. M. Educação escolar e cultura (s): construindo caminhos. **Revista brasileira de educação**, p. 156-168, 2003.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, v. 7, n. 40, 1988.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química para o Ensino Médio: Fundamentos, Pressupostos e o Fazer Cotidiano**. São Paulo: Scipione, 2002.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000.

MÜNCHEN, S.; SOARES, A.; ADAIME, M. O jeans sob a perspectiva CTS: análise de uma atividade com licenciandos em Química. **Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (33º EDEQ)**, Universidade Regional Unijuí, 2013.

MÜNCHEN, S.; ADAIME, M. B.; PERAZOLLI, L. A.; AMANTÉA, B. E.; ZAGHETE, M. A. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**—São Paulo-SP, BR. Vol. 37, N° 3, p. 172-179, 2015.

MÜNCHEN, S.; SOARES, A. B.; ADAIME, M. B. Uma abordagem CTS no ensino médio a partir do tema jeans. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 462-474, 2016.

NIEZER, T. M. **Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 428-449, 2016.

OLIVEIRA, R. D. de. **Caracterização das águas e efluentes em lavanderias de jeans no agreste pernambucano**. 88p. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação em Engenharia Civil) da Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

OLIVEIRA, E. A. G.; WANDERLEY, R. G.; MENEZES, M. S.; LANDIM, P. C. Reuso de Resíduos Têxteis em Comunidades Artesanais do Agreste Pernambucano. **9º Colóquio de Moda – Fortaleza (CE) – 2013**.

OLIVEIRA, N; SOARES, M. As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico. **In: ENEQ**, 15, 2010. Brasília. Resumos, Brasília: UnB, 2010.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. 2º ed. Belo Horizonte: Autentica, 2002.

PASCHOAL, F. M. M.; TREMILIOSI FILHO, G. **Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais**. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 766-772, 2005.

PAZ, I. D. da; LEÃO, M. F. O uso de estratégias de ensino diferenciadas para promover aprendizagens significativas em aulas de química. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 13, n. 1, p. 45-58, 2018.

PEDRETTI, E.; FORBES, J. Educação STSE: Da retórica do currículo à realidade da sala de aula. **Órbita**, v. 31, n. 3, pág. 39, 2000.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Correntes na educação STSE: mapeando um campo complexo, 40 anos depois. **Educação científica**, v. 95, n. 4, pág. 601-626, 2011.

PEIXOTO, F. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. CORANTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO. **HOLOS**, [S. l.], v. 5, p. 98–106, 2013.

PEREIRA, J. **“Empreendedoras” das confecções: um estudo sobre a implementação do MEI e o trabalho faccionado no Agreste de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal de Campina Grande. 249 p., 2019.

PEREIRA, A. M. B. A. **Dinâmica formal-informal em lavanderias de jeans e suas implicações nas relações de trabalho**. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de

Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 330p., 2018.

PEREIRA, A. S.; VITURINO, J. P.; ASSIS, A. O uso de indicadores naturais para abordar a experimentação investigativa problematizadora em aulas de Química. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 1, n. 2, 2017.

PEREIRA, S. S.; CAVALCANTI, J. W. B.; CUNHA, J. O. S.; SOUZA, M. L. de; OLIVEIRA, P. M. de; LARANJEIRA, J. M. G. Ensino-aprendizagem da Química Inorgânica numa abordagem CTSA: análise crítica do tratamento da água nas lavanderias de jeans no município de Toritama/PE. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

PÉREZ, L. F. M.; LOZANO, D. L. P. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 8, n. 1, p. 23-35, 2013.

PERNAMBUCO/UNDIME. Secretaria de Educação e Esportes. **Currículo de Pernambuco: ensino médio** / Secretaria de Educação e Esportes, União dos Dirigentes Municipais de Educação; coordenação Ana Coelho Vieira Selva, Sônia Regina Diógenes Tenório; apresentação Marcelo Andrade Bezerra Barros, Natanael José da Silva.695p. – Recife, 2021.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação e Esportes. **Reorganização Curricular - Ensino Médio: expectativas de aprendizagem prioritárias e complementares de química para os estudantes do ensino médio.**11p. – Recife, 2020.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação e Esportes. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco: Parâmetros Curriculares de Química – Ensino Médio.**58p. – Recife, 2013.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**, 49, 1-25, 2009.

PIVA, G. M.; ALMEIDA, L. F. de; KOHORI, R. K.; GIBIN, G. B. Desenvolvimento de modelos mentais por meio da elaboração e aplicação de modelos físicos alternativos para o ensino de atomística. **Revista Ciências & Ideias**. ISSN: 2176-1477, v. 10, n. 2, p. 210-230, 2019.

RAMOS, L. B. da C.; ROSA, P. R. da S. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

RANGEL, F.; CORTELETTI, R. de F. O polo de confecções do Agreste Pernambucano: Origens e configurações atuais. **Estudos de Sociologia**, [S. l.], v. 27, n. 00, p. e022013, 2022.

ROSA, M.I. P.; TOSTA, A. H. O lugar da Química na escola: movimentos constitutivos da disciplina no cotidiano escolar. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, p. 253-262, 2005.

RAUPP, D. T.; REPPOLD, D. P. Ensino de química contextualizado: analisando as diferentes perspectivas dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola de 2009-2019. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17322-17332, 2020.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Tradução e revisão técnica Márcia Guekezian et al. 2.ed. São Paulo: Pearson Makron Books, v. 1, 1994.

SANTOS, D. M.; NAGASHIMA, L. A. Potencialidades das atividades experimentais no ensino de Química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 94–108, 2017. DOI: 10.26843/rencima.v8i3.1081. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1081>. Acesso em: 14 out. 2023.

SANTOS, L. R. dos; MENEZES, J. A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.

SANTOS, V. G. dos; GALEMBECK, E. Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do ensino fundamental I. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 879-904, 2018.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 2003.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

SCAFI, S.H.F. Contextualização do ensino de química em uma escola militar. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 32, n. 3, p. 176-183, 2010.

SCHROEDER, E.; FERRARI, N. E. M., SYLVIA R. P. A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. **VII ENPEC**. Florianópolis, SC, 2009.

SCHULTE, N. K.; LOPES, L. Sustentabilidade ambiental: um desafio para a moda. **Modapalavra e-periodico**, n. 2, p. 31-42, 2008.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Estudo Econômico das Indústrias de Confecções de Toritama/PE**. Recife: Sebrae, 2019.

SILVA, B. M. da. **Uma estratégia de ensino e aprendizagem com o enfoque CTSA numa perspectiva contextualizada através do conteúdo de eletroquímica**. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

SILVA, D. P. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores**. 2011.

212 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, R. T. da; CURSINO, A. C. T.; AIRES, J. A.; GUIMARÃES, O. M. Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção " Experimentação no Ensino de Química" da revista Química Nova na escola 2000-2008. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 11, p. 277-298, 2009.

SILVA, M. S. C. D.; LEITE, Q. dos S. S.; LEITE, B. S. O vídeo como ferramenta para o aprendizado de química: um estudo de caso no sertão pernambucano. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 17, p. 1-15, 2016.

SILVA, A. L. S. da; NOGARA, P. A. **Atividade Experimental Problematizada (AEP) 60 Experimentações com Foco no Ensino de Química: Da Educação Básica à Universidade**. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018.

SILVA, B. L.; XAVIER, M. G. P. Desgaste e lavagem de jeans no agreste produtivo de Pernambuco: tecnologia, inovação e competitividade nas lavanderias de Toritama. **Acesso em**, v. 12, p. 32, 2018. In:.,2018.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar Sem Medo de Errar. **Ensino de Química em Foco**. SANTOS, W. L. P. D. e MALDANER, O. A. Injuí: Injuí: 231-261 p. 2019.

SILVA, R. C. F.; SOUZA, V. C. de A. Investigação das habilidades e competências trazidas nas questões de química do Enem 2009-2017 a partir da análise de conteúdo de bardin. **Revista Ciências & Ideias**. ISSN: 2176-1477, v. 9, n. 3, p. 125-139, 2019.

SILVA, A. B. S.; AMARAL, F. M.; PESSÔA, S. G dos S.; FERNANDES, B. S. II-088- Avaliação das tecnologias para tratamento de efluente têxtil desenvolvidas pelo laboratório de saneamento ambiental da UFPE: foco em escalonamento. **XIX SILUBESA - ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Recife – PE, p. 1-16, 2020.

SILVA, A. A. T. da; CATÃO, V.; SILVA, A. de F. A. da. Análise de uma sequência didática investigativa sobre estequiometria abordando a Química dos sabões e detergentes. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 1256-1277, 2020.

SILVA, M. de F. da; RIBEIRO, A. R. B.; MENELAU, A. S. Beneficiamento de jeans no Agreste pernambucano e os gaps entre a situação real e ideal, fundamentada pelo método da Produção Mais Limpa. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n. 3, p. 210-220, 2021.

SILVA FILHO, A. R. A da.; DUARTE, A. D.; PEDROSA, T. D.; SILVA, G. L da.; PESSÔA, S. G dos S. Análise da importância do reúso de água em lavanderias de beneficiamento de jeans. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 6, pág. e40710614402, 2021.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.



SOUSA, R.S de; ROCHA, P. Del P.; GARCIA, I. T. S. Estudo de caso em aulas de química: percepção dos estudantes de nível médio sobre o desenvolvimento de suas habilidades. **Química Nova na escola**, v. 34, n. 4, p. 220-228, 2012.

SOUZA, A. M. de. **A gente trabalha onde a gente vive**. 240p. Dissertação (Mestrado Em Sociologia e Antropologia) - Curso de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

TOZONI-REIS, M. F. de C. Temas ambientais como " temas geradores": contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. **Educar em revista**, p. 93-110, 2006.

VIDRIK, E. C. F.; ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, p. 488-498, 2020.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**, p. 161-184, 2011.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 1-19, 2007.

WARTHA, E. J.; SILVA, EL da; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. 1. ed. Porto Alegre/RS: Editora ArtMed, 1998.

\_\_\_\_\_. **A prática educativa: como ensinar** [recurso eletrônico] / Antoni Zabala; tradução: Ernani F. da F. R.; revisão técnica: FARENZENA, N. – Porto Alegre: Penso, 2014.

ZANELLA, Geovani. **Estudos de soluções para problemas de poluição na indústria têxtil utilizando-se processos oxidativos avançados**. 2010. 176f. Tese (Doutorado) – UFPR. Programa Pós-Graduação em Química, - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H. **Caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. 1º ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 13, p. 67-80, 2011.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CURSO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (PPGECM-UEPB)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA PESQUISA

**Pesquisa:** A construção de significados sobre o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans por estudantes do ensino médio a partir de uma abordagem temática em uma Sequência Didática Investigativa-Problematizadora.

**Pesquisadora:** Mariana Leôncio Bertino Cabral, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (PPGECM-UEPB), Campina Grande, PB, e professora de química na Escola de Referência de Ensino Médio Luiz Alves da Silva, em Santa Cruz do Capibaribe, PE.

**Orientador:** Prof. Dr Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., professor do PPGECM-UEPB e do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DQ-UFRPE).

**Participantes:** 15 (quinze) adolescentes e jovens, na faixa etária entre 14 e 17 anos, regularmente matriculados no 3º ano do Ensino Médio. Avaliar uma abordagem temática junto a estudantes do ensino médio, envolvendo o conteúdo soluções, sob um enfoque CTSA, por meio de uma sequência didática problematizadora voltada ao tratamento de efluentes de lavanderias de jeans do Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco.

**Objetivo geral:** Investigar as contribuições de uma Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP), centrada em experimentos sobre o tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans, para a abordagem do conteúdo soluções junto a estudantes do ensino médio.

#### **Objetivos específicos**

Produzir experimentos demonstrativos-investigativos relacionados a tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans.

Criar uma SDIP, tendo o tratamento de índigo em efluentes de lavanderias de jeans como tema gerador, como um enfoque CTSA, articulando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA).

Investigar os posicionamentos dos estudantes, pela mobilização de conteúdos CPA, acerca das relações CTSA envolvidas no descarte e no tratamento das águas residuais dessas lavanderias. Confeccionar um produto educativo, na forma livro paradidático, sobre o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans, para abordagem do conteúdo soluções no ensino médio.

**Metodologia:** Pesquisa-ação; abordagem qualitativa; questionários; registros em material didático e livros de anotações, e fotografia.

**Procedimentos:** Visita a uma lavanderia de jeans na cidade de Santa Cruz do Capibaribe, realização de experimentos demonstrativos-investigativos em sala de aula. Aplicação de questionários. Aulas dialogadas. Exibição de vídeos. Elaboração de relatório técnico. Intervenção didática, em 8 (oitos) aulas, de 50min (cinquenta minutos) cada, 2 (duas) aulas/dia, totalizando 4 (quatro) dias, respeitando a dinâmica e o espaço dos estudantes dentro da disciplina. Resposta a um questionário e discussões sobre a experiência didática vivenciada.

**Riscos:** Em todas as atividades, incluindo os experimentos demonstrativos, realizados em sala de aula, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos participantes. A visita técnica a uma lavanderia será assistida, com a presença da professora-pesquisadora e de representante da gestão da escola, além de contar com a participação de um(a) responsável técnico da empresa. No local, os estudantes não realizam nenhum tipo de operação, limitando-se a participar das explicações e realizar observações, registros e diálogos. Em relação aos experimentos em sala de aula, eles serão realizados exclusivamente pela professora-pesquisadora e os estudantes estarão à distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos observados. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

**Confidencialidade:** Somente os dois pesquisadores da equipe, professora e orientador, terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Os dados serão tratados e analisados conjuntamente. O material coletado em questionário impresso, produto didático e fotos e poderá ficar sob posse da professora-pesquisadora e do orientador, podendo se fazer uso das respectivas imagens em formato de fotografia, garantindo-se que os dados digitais, em

hipótese alguma, serão comercializados. São garantidos a confidencialidade das respostas e o sigilo dos dados, que estarão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos participantes não serão incluídos. As informações obtidas serão utilizadas apenas para os fins dessa pesquisa, com possíveis socializações dos resultados em textos acadêmico-científicos (dissertação, capítulos de livros e/ou artigos publicados em congressos e/revistas científicas). Os resultados serão apresentados sem qualquer fornecimento de identidade dos participantes, ou seja, não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes.

**Pagamento:** Participação voluntária, de todos(as) envolvidos, sem nenhum tipo de remuneração.

**Garantia de esclarecimentos:** Em caso de alguma dúvida ou necessidade de mais informações sobre a investigação, as/os participantes podem entrar em contato com a pesquisadora e/ou com o orientador desta pesquisa: Mariana Leôncio Bertino Cabral, telefone para contato: (83) 99119-6162, e-mail: marianaleonciol@gmail.com; mestranda do PPGECEM-UEPB: Rua Domitila Cabral de Castro, S/N – Bloco C – Sala 310, Campus Universitário – Bodocongó, CEP: 58.429-570, Campina Grande – PB, fone (83) 3315-3409, e-mail: ppgecem@gmail.com (coordenação); Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., professor do corpo docente do PPGECEM-UEPB e do DQ-UFRPE, e-mail cristianomarcelinojr@gmail.com.

Garantidas as questões acima mencionadas, eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_,  
portador (a) do CPF \_\_\_\_\_, mãe/pai/responsável por  
\_\_\_\_\_,  
assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Estou ciente do teor deste documento e certifico que recebi uma cópia do mesmo.

Santa Cruz do Capibaribe, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
Assinatura da(o) mãe/pai/responsável

## APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CURSO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (PPGECM-UEPB)

### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos você \_\_\_\_\_, após autorização dos seus pais (ou dos responsáveis legais), para participar como voluntário(a) da pesquisa: “A CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE O TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM TEMÁTICA EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA-PROBLEMATIZADORA”. Esta pesquisa é da responsabilidade da pesquisadora Mariana Leôncio Bertino Cabral, telefone para contato: (83) 99119-6162, e-mail: marianaleonciol@gmail.com; mestranda do PPGECM-UEPB, e está sob a orientação do Prof. Dr Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., e-mail cristianomarcelinojr@gmail.com.

Você será esclarecido(a) sobre qualquer dúvida com a responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou se recusar. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

• **Descrição da pesquisa** - A presente pesquisa será desenvolvida pela professora da escola, dentro da disciplina de Química. A pesquisa tem como principal investigar as contribuições de uma Sequência Didática Investigativa Problematizadora (SDIP), centrada em experimentos sobre o tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans, para a abordagem do

conteúdo soluções junto a estudantes do ensino médio. Também será produzido um material didático, na forma de cartilha paradidática, sobre o tratamento de efluentes de lavanderias de jeans, para abordagem do conteúdo soluções no ensino médio. Ele será utilizado para auxiliar a atingir os objetivos específicos da pesquisa. Os estudantes ficarão livres, dentro de uma mediação com a professora-pesquisadora, sob responsabilidade da mesma, conforme acontece nas demais atividades da escola.

• **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de aulas** - O período programado para a intervenção será entre fevereiro e março de 2023. A pesquisa será realizada ao longo de 4 (quatro) dias, que envolverão 8 (oito) aulas de 50min por aula, seguindo o horário escolar.

• **Riscos diretos para o(a) voluntário(a)** – Em todas as atividades, incluindo os experimentos demonstrativos, realizados em sala de aula, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos participantes. A visita técnica a uma lavanderia será assistida, com a presença da professora-pesquisadora e de representante da gestão da escola, além de contar com a participação de um(a) responsável técnico da empresa. No local, os estudantes não realizam nenhum tipo de operação, limitando-se a participar das explicações e realizar observações, registros e diálogos. Em relação aos experimentos em sala de aula, eles serão realizados exclusivamente pela professora-pesquisadora e os estudantes estarão à distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos observados. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento

Haverá, ao longo das aulas: preenchimento de questionários, anotações na cartilha, fotografias e registros das observações, referentes ao desenvolvimento dos grupos. Somente os dois pesquisadores da equipe terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Os dados serão tratados e analisados conjuntamente. O material coletado em questionário impresso e fotos poderá ficar sob posse da professora-pesquisadora Mariana Leôncio Bertino Cabral e do seu orientador, Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., podendo se fazer uso das respectivas imagens, em formato de fotografia, garantindo-se que os dados digitais, em hipótese alguma, serão comercializados. As informações obtidas serão utilizadas apenas para os fins dessa pesquisa. São garantidos a confidencialidade das respostas e o sigilo dos dados, que estarão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos participantes não serão incluídos. Os resultados serão apresentados sem

qualquer fornecimento de identidade dos participantes, ou seja, não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes.

Não há qualquer obrigatoriedade da participação e, se quando estiver participando, uma(a) estudante resolver desistir, não haverá qualquer consequência. Além disso, a participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa da parte dos estudantes. Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária. Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, pode-se consultar o Comitê de Ética em Pesquisa COM Seres Humanos, no endereço: Rua das Baraúnas, 351 - Campina Grande – Paraíba, telefone: (83)3315-3373, e-mail: cep@setor.uepb.edu.br.

---

Assinatura da pesquisadora

ASSENTIMENTO DO(A) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO  
VOLUNTÁRIO(A)

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do documento de identidade \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa “A CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE O TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM TEMÁTICA EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA-PROBLEMATIZADORA”, como voluntário(a). Fui informado(a) e esclarecido(a) pela professora-pesquisadora sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação.

Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data: \_\_\_\_\_

Assinatura do(a) menor: \_\_\_\_\_

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. Duas testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Assinatura:
Nome:	Assinatura:

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### INSTRUMENTO DE ANÁLISE, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PROBLEMATIZADORA

O instrumento apresentado no quadro abaixo foi desenvolvido com base nas propostas de Guimarães e Giordan (2011a,b; 2013) e de Bego, Alves e Giordan (2019). Ele é composto por 30 itens, agrupados em 4 dimensões de análise. Para cada um dos itens avaliativos, deve ser atribuído dos seguintes conceitos semi-qualitativos: insuficiente (peso 1) - quando a SD não corresponde aos critérios ou for insipiente; suficiente (peso 2) - quando a SD cumpre os critérios elementares; e mais que suficiente (peso 3) - quando a SD cumpre os critérios, demonstrando forte conexão entre as questões avaliadas e a intervenção.

CRITÉRIOS DE ANÁLISE	INDICADORES		
	1	2	3
<b>Estrutura e organização</b>			
Há qualidade e originalidade na SDIP?			
A SDIP traz articulação com os temas da disciplina?			
A proposta é apresentada com clareza e inteligibilidade?			
O tempo proposto é adequado para a execução das atividades planejadas?			
O referencial teórico é adequado a uma proposta de SDI?			
<b>Problematização</b>			
O problema geral é abrangente e focado, em relação aos conteúdos explorados?			
A problemática, conforme apresentada, fornece elementos para análise de situações sociais sob a perspectiva científica?			
Os problemas fazem parte da realidade social e/ou do cotidiano vivencial dos estudantes?			
É estabelecida claramente uma relação entre a tecnologia, o ambiente, a ciência e as implicações sociais do tema?			
Existe uma articulação entre os conceitos e a problematização?			
A contextualização contribui para promover um melhor entendimento do problema e, conseqüentemente, para uma melhor solução?			
As resoluções ou possibilidades de resolução dos problemas contribuem para um exercício de busca coletiva capazes de envolver, motivar e auxiliar na construção de significados científicos?			
Os métodos e as abordagens propostas para se alcançar a resolução do problema geral estão adequados aos objetivos almejados?			
<b>Conteúdos e Conceitos</b>			



Os objetivos são claramente informados?			
Os objetivos se vinculam com a problemática e os conceitos apresentados?			
Os objetivos estão efetivamente direcionados a aprendizagem dos conteúdos e conceitos propostos?			
A contextualização apresentada constitui ponto de partida para o desenvolvimento de um conteúdo científico que sirva como elemento explicativo de determinada situação?			
Os conteúdos são encadeados de forma lógica e gradativa?			
Há algum tipo de conexão entre as aulas (ou são eventos independentes)?			
A quantidade de conteúdo a serem desenvolvidos é condizente com o número de aulas?			
Os conceitos desenvolvidos pela SDIP fornecem elementos para discussão do fenômeno proposto segundo tema de ensino?			
Faz sentido trabalhar tal tema segundo organização apresentada na busca de responder o problema proposto?			
<b>Metodologias de ensino e avaliação</b>			
Os aspectos metodológicos são adequados e suficientes para alcançar os objetivos planejados?			
A organização e a contextualização das atividades são devidamente apresentadas aos estudantes?			
As atividades promovem a contextualização dos conteúdos a serem aprendidos?			
As estratégias didáticas são diversificadas e apropriadas para o desenvolvimento da problemática proposta?			
Os instrumentos de avaliação propostos são adequados e suficientes às metodologias apresentadas?			
O que se avalia se relaciona diretamente com o que se pretende ensinar?			
Avalia-se todo o percurso do estudante (ou a avaliação é prioritariamente classificatória vinculada aos resultados a serem atingidos)?			
Há momentos para se compreender os avanços alcançados, as dificuldades enfrentadas pelos estudantes e estabelecer as atitudes a serem tomadas?			

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE CONCEPÇÕES PRÉVIAS



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL E MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

**Mestranda:** Mariana Leôncio Bertino Cabral

**Orientador:** Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

### IDENTIFICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Código: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/ maio/2023

Pesquisa: **TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA.**

Prezado (a) aluno ( a)

Este Questionário tem a finalidade de colher informações que configurarão na prática de uma Pesquisa na área de ensino de Química intitulada: **TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA.** Sua contribuição é de extrema importância para que eu possa coletar informações a fim de construir as possíveis abordagens metodológica desta intervenção. Antecipadamente, agradeço a atenção e credibilidade.

Mariana Leôncio Bertino Cabral

1. O beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região leva à formação de efluentes. Você sabe o que são efluentes líquidos? Caso sua resposta seja positiva, dê alguns exemplos.
2. Dê exemplos de soluções líquidas, gasosas e sólidas comumente encontradas no cotidiano (um exemplo para cada).
3. Com base na concentração das soluções, cite 3 (três) tipos de classificações utilizadas para diferenciar as soluções líquidas.
4. O tecido de jeans utilizado pelas confecções do Polo Têxtil do Agreste é chamado de denim. Você sabe quais são os principais constituintes desse material? Caso sua resposta seja positiva, descreva-os.
5. Você conhece o processo de beneficiamento do jeans por lavanderias de jeans da região? Sabe descrever suas etapas?
6. Como o beneficiamento de jeans se relaciona à oferta e à qualidade da água da região?
7. Você consegue explicar o processo de tingimento do jeans para deixá-los com diferentes tonalidades azuis? Caso sua resposta seja positiva, explique-o
8. Que tipos de tecnologias podem ser utilizadas para tratar os corantes de efluentes lavanderias de jeans da região?
9. Avalie a influência da atividade de produção e comercialização de jeans no Agreste de Pernambuco para a população da região.
10. Quais as implicações proporcionadas pelos lançamentos de efluentes das lavanderias de jeans, tanto no contexto urbano local quanto para o bioma Caatinga?

## APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL E MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

**Mestranda:** Mariana Leôncio Bertino Cabral

**Orientador:** Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

### IDENTIFICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Código: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/ maio/2023

Pesquisa: **TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA.**

Prezado (a) aluno ( a)

Este Questionário tem a finalidade de colher informações que configurarão na prática de uma Pesquisa na área de ensino de Química intitulada: **TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA.** Sua contribuição é de extrema importância para que eu possa coletar informações a fim de construir as possíveis abordagens metodológica desta intervenção. Antecipadamente, agradeço a atenção e credibilidade.

Mariana Leôncio Bertino Cabral

1. O Índigo é um dos corantes mais utilizados no mundo no processo de tingimento de tecidos jeans.

a) Ele é insolúvel em água, entretanto, um pré-tratamento adequado desse composto aumenta a sua solubilidade. Como isso ocorre?

b) Nessa solução, quais são o soluto e o solvente envolvidos?

2. Em um tanque de tingimento, foram adicionados 250 g de Índigo em 100 litros de água. A essa mistura foram adicionados **ditionito de sódio e hidróxido de sódio** em quantidades suficientes para a completa conversão do Índigo a leucoíndigo. Uma certa quantidade de fios brancos para tecido é adicionada ao tanque de tingimento da mistura preparada. Sabendo que apenas 60% do corante é absorvido pelos fios, quantos gramas de corante índigo restou no efluente têxtil?

3. Denim é o nome dado ao tecido de algodão feito pelo entrelaçamento de fios, conhecidos como urdume e trama. O tingimento estratégico dos fios antes do entrelaçamento dá origem a diferentes sarjas. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, qual parte da imagem apresenta um recorte de tecido com maior urdume com corante absorvido? Justifique sua resposta. Fonte: <https://www.fashionbubbles.com/wp-content/uploads/2016/09/Jeans-Patchwork-258.jpg>



4. Em relação as técnicas de tratamentos de efluentes têxteis realizadas experimentalmente:

a) O que você entendeu sobre a eletrofloculação?

b) O que você entendeu sobre os Processos Oxidativos Avançados (POA)?

c) Qual seria a mais adequada custo/benefício no tratamento de efluentes para a região Agreste Pernambuco? Justifique a sua resposta.

5. Quais as suas considerações sobre a técnica de tratamento de efluentes na empresa de lavanderia visitada? É eficaz? Justifique a sua resposta.

6. Que etapa da produção do jeans você considera mais poluente?

7. Que aspecto você destaca sobre a importância da produção de jeans para a população da região?

8. Após o tingimento e lavagem dos fios para a remoção do excesso de corante, sobra muita água contendo corante e outros materiais.

a) É indicado lançar esse efluente ou água de lavagem, sem tratamento em rios e lagos? Por quê?

b) Que medidas devem ser tomadas para reuso desses efluentes ou pré-tratamento para descarte?

9. O material didático utilizado (cartilha) contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem? Por quê?

10. A quantidade de conteúdos desenvolvidos foi condizente com o número de aulas para a execução das atividades planejadas

**APÊNDICE F – PROPOSTA DE REDAÇÃO DISSERTATIVA ARGUMENTATIVA**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL E MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**Mestranda:** Mariana Leôncio Bertino Cabral

**Orientador:** Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

**IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TEXTUAL**

Código: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/ junho/2023

**Pesquisa: TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA.**

Prezado (a) aluno ( a)

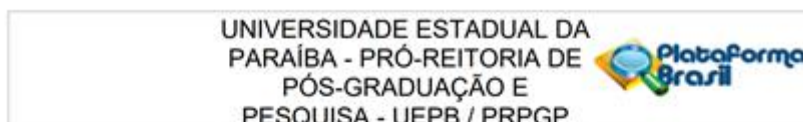
Este Questionário tem a finalidade de colher informações que configurarão na prática de uma Pesquisa na área de ensino de Química intitulada: **TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA**. Sua contribuição é de extrema importância para que eu possa coletar informações a fim de construir as possíveis abordagens metodológica desta intervenção. Antecipadamente, agradeço a atenção e credibilidade.

Mariana Leôncio Bertino Cabral

**PROPOSTA DE REDAÇÃO DISSERTATIVA ARGUMENTATIVA**



## ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVANDERIAS DE JEANS COMO TEMA GERADOR NO ENSINO DE QUÍMICA: Contribuições de uma sequência didática para a abordagem do conteúdo de soluções no Ensino Médio.

**Pesquisador:** MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 69393723.3.0000.5187

**Instituição Proponente:** Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

**Patrocinador Principal:** Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.052.326

#### Apresentação do Projeto:

Diferentes atores da Educação de Ciências defendem que os processos escolares de ensinoaprendizagem sejam norteados pela contextualização e pela problematização dos conhecimentos. Também tem sido recomendado que as propostas contemplem as realidades nas quais os estudantes estão inseridos. Com esse entendimento, propõe-se uma pesquisa voltada ao contexto escolar do Agreste do Estado de Pernambuco, região que tem entre suas principais atividades econômicas a produção de roupas, com destaque para empresas de fabricação e beneficiamento de jeans. Dada as limitações de escassez d'água nessa região e o grande volume de água requerido por essas indústrias, considera-se importante que a compreensão dessas atividades seja utilizada para nortear propostas pedagógico-didáticas em Química em escolas dessa região, com base nos pressupostos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

#### Objetivo da Pesquisa:

**OBJETIVO GERAL :** Criar uma Sequência Didática Investigativa Problematicadora (SDIP), tendo o tratamento de Índigo em efluentes de lavanderias de jeans como tema gerador, em um enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiental (CTSA), articulando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA). **OBJETIVOS ESPECIFICOS :** • Analisar as concepções prévias dos

<b>Endereço:</b> Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário			
<b>Bairro:</b> Bodocongó	<b>CEP:</b> 58.109-753		
<b>UF:</b> PB	<b>Município:</b> CAMPINA GRANDE		
<b>Telefone:</b> (83)3315-3373	<b>Fax:</b> (83)3315-3373	<b>E-mail:</b> cep@setor.uepb.edu.br	



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA - UEPB / PRPGP



Continuação do Parecer: 6.052.326

estudantes sobre os aspectos químicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à produção e comercialização de jeans, incluindo os efluentes contendo corantes. • Produzir experimentos demonstrativos -investigativos relacionados a tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans. • Criar uma SDIP, tendo o tratamento de índigo em efluentes de lavanderias de jeans como tema gerador, em um enfoque CTSA, articulando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA). • Investigar os posicionamentos dos estudantes, pela mobilização de conteúdos CPA, acerca das relações CTSA envolvidas no descarte e no tratamento das águas residuais dessas lavanderias. • Investigar as contribuições de uma Sequência Didática Investigativa Problematicadora (SDIP), baseada na temática de tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans, para a abordagem do conteúdo soluções junto a estudantes do ensino médio.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Em todas as atividades, incluindo os experimentos demonstrativos, realizados em sala de aula, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos participantes. A visita técnica a uma lavanderia será assistida, com a presença da professora-pesquisadora e de representante da gestão da escola, além de contar com a participação de um(a) responsável técnico da empresa. No local, os estudantes não realizarão nenhum tipo de operação, limitando-se a participar das explicações e realizar observações, registros e diálogos. Em relação aos experimentos em sala de aula, eles serão realizados exclusivamente pela professora-pesquisadora e os estudantes estarão à distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos observados. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento. Haverá, ao longo das aulas: preenchimento de questionários, fotografias e registros das observações, referentes ao desenvolvimento dos grupos. Somente os dois pesquisadores da equipe terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Os dados serão tratados e analisados conjuntamente. O material coletado em questionário impresso e fotos poderá ficar sob posse da professora-pesquisadora Mariana Leôncio Bertino Cabral e do seu orientador, Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., podendo se fazer uso das respectivas imagens, em formato de fotografia, garantindo-se que os dados digitais, em hipótese alguma, serão comercializados. As informações obtidas serão utilizadas apenas para os fins dessa

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário  
Bairro: Bodocongó CEP: 58.109-753  
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE  
Telefone: (83)3315-3373 Fax: (83)3315-3373 E-mail: cep@setor.uepb.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA - UEPB / PRPGP



Continuação do Parecer: 6.052.326

pesquisa. São garantidos a confidencialidade das respostas e o sigilo dos dados, que estarão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos participantes não serão incluídos. Os resultados serão apresentados sem qualquer fornecimento de identidade dos participantes, ou seja, não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes. A nossa intenção é levar vários benefícios com a realização da pesquisa, já que o nosso estudo vai auxiliar e contribuir com uma Sequência Didática Investigativa Problematicadora (SDIP), baseada na temática de tratamento de corantes em efluentes de lavanderias de jeans, para a abordagem do conteúdo soluções junto a estudantes do ensino médio de uma escola pública.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa tem caráter relevante pois a sua contextualização está relacionada a integração de aprendizagem vinculado ao trabalho dos(as) participantes, possibilitando uma melhor desenvolvimento do mesmo em condições ideais de realização

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os Termos estão em conformidade com as exigências da CONEP

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Pelo exposto o Parecer é de Aprovação

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2133575.pdf	04/05/2023 22:34:21		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Agência	TCLE_TERMOS_DE_ASSENTIMENTO S.pdf	04/05/2023 22:33:25	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	TERMO_PESQUISADOR_RESPONSA VEL.pdf	04/05/2023 22:32:50	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	04/05/2023 22:30:37	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário  
Bairro: Bodocongó CEP: 58.109-753  
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE  
Telefone: (83)3315-3373 Fax: (83)3315-3373 E-mail: cep@setor.uepb.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA  
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA - UEPB / PRPGP



Continuação do Parecer: 6.062.326

Orçamento	ORCAMENTO.pdf	04/05/2023 22:29:25	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Declaração de concordância	DECLARACAO_CONCORDANCIA.pdf	04/05/2023 22:28:54	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARACAO_DA_INSTITUICAO.pdf	04/05/2023 21:53:09	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	04/05/2023 21:49:41	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Brochura Pesquisa	BROCHURA_PESQUISA.pdf	04/05/2023 21:49:28	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	04/05/2023 13:39:59	MARIANA LEONCIO BERTINO CABRAL	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CAMPINA GRANDE, 10 de Maio de 2023

Assinado por:  
Gabriela Maria Cavalcanti Costa  
(Coordenador(a))

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário  
Bairro: Bodocongó CEP: 58.109-753  
UF: PB Município: CAMPINA GRANDE  
Telefone: (83)3315-3373 Fax: (83)3315-3373 E-mail: cep@setor.uepb.edu.br