



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

DANIELLE SANTOS DA PAZ

**APROXIMAÇÕES DA EDUCAÇÃO QUÍMICA CTS/CTSA E EDUCAÇÃO
AMBIENTAL: Um estudo sobre os impactos da chuva ácida no ambiente**

Recife

2022

DANIELLE SANTOS DA PAZ

APROXIMAÇÕES DA EDUCAÇÃO QUÍMICA CTS/CTSA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Um estudo sobre os impactos da chuva ácida no ambiente

Monografia apresentada a coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado (a) em Química.

Orientador: Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Recife

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P348a

Paz, Danielle Santos da Paz

APROXIMAÇÕES DA EDUCAÇÃO QUÍMICA CTS/CTSA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Um estudo sobre os impactos da chuva ácida no ambiente. / Danielle Santos da Paz Paz. - 2022. 75 f. : il.

Orientadora: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2023.

1. Abordagem CTS/CTSA. 2. Chuva ácida. 3. Educação ambiental. I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Título

CDD 540

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

DANIELLE SANTOS DA PAZ

APROXIMAÇÕES DA EDUCAÇÃO QUÍMICA CTS/CTSA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Um estudo sobre os impactos da chuva ácida no ambiente

Aprovado em: 13 de Outubro de 2022.

Banca Examinadora

Edenia Maria Ribeiro do Amaral– Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ruth do Nascimento Firme – 1ª avaliadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco

José Euzebio Simões Neto – 2º avaliador
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho aos professores de Química, e estudantes do ensino público, que sentem na pele as dificuldades da educação.

AGRADECIMENTOS

Diante das dificuldades que foi chegar até aqui, estar hoje finalizando meu trabalho de conclusão de curso, é sem dúvidas, um dos melhores dias da minha vida. Certamente, muitas pessoas contribuíram para minha caminhada e gostaria de agradecer.

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e a oportunidade de ter chegado até aqui.

Agradeço a minha Família, a minha mãe que inúmeras vezes preocupou-se comigo, ao meu pai por toda contribuição, ao meu irmão pelas inúmeras vezes que me ouviu reclamar sobre as dificuldades.

A minha avó, Elizabete (In memoriam), por ter acreditado em mim desde o início e me ensinar todos os dias o que é saudade.

Agradeço aos amigos que a UFRPE me presenteou, em especial, Mayara e Brenda. Sem vocês, certamente minha caminhada teria sido bem mais difícil, obrigada pelos anos de risadas proporcionadas.

Agradeço aos amigos que conquistei pelo fruto da educação, aos professores do CCNSC por deixarem minhas manhãs mais leves e garantirem boas risadas.

A Jamesson, obrigada pela paciência e por partilhar comigo momentos incríveis, por me acalmar e segurar minha mão nos últimos dias de conclusão deste trabalho, por ser meu companheiro, meu amigo, por seu carinho e atenção e por me motivar a não desistir.

A Edenia Amaral, a senhora é um exemplo a ser seguido em todos os sentidos, obrigada pela paciência e por ter aceitado me orientar neste trabalho. Obrigada pelas inúmeras contribuições e por não ter desistido de mim todas as vezes que achei que não conseguiria.

Aos meus alunos, por contribuírem todos os dias para meu desenvolvimento como professora.

A banca avaliadora, Professora Ruth Firme e Professor Euzebio Simões, por terem aceitado o convite e contribuir para este momento de encerramento de um ciclo.

A todos, Gratidão!

De nada adianta plantar árvores se ao mesmo passo não for plantada a conscientização ambiental, o respeito pelo próximo e pelas futuras gerações. A pergunta não é que planeta vamos deixar para nossos filhos e sim que filhos vamos deixar para nosso planeta. (André de Paula Viana)

RESUMO

O fenômeno da chuva ácida é considerado, entre diversos pesquisadores, como um problema ambiental grave que atinge muitos países do mundo, trazendo consequências para a saúde e para os patrimônios públicos, e pode ser considerado um reflexo da dinâmica da sociedade, por isso, se faz necessário tomar medidas que visem identificar e reduzir suas causas e consequências através da educação ambiental. O presente trabalho busca relacionar o tema chuva ácida com o estudo dos conteúdos de Química como as funções inorgânicas: Ácidos e óxidos. Sabe-se das dificuldades que os professores possuem em promover a reflexão sobre as questões ambientais em sala de aula, assim como fazer uma relação entre os temas ambientais e conteúdos de Química. Assim, buscamos a contextualização dos conteúdos de Química e meio ambiente, trazendo o resgate de memórias, de fatos e situações. Dessa forma, através da abordagem CTS/CTSA convidamos os estudantes a se posicionarem como cidadãos capazes de construir sua própria opinião para uma compreensão da dimensão social da Ciência, Tecnologia e do meio ambiente. Por tanto, o objetivo desse trabalho é desenvolver o conhecimento científico por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre o tema chuva ácida, utilizando uma abordagem CTS/CTSA que articula o ensino de Química e educação ambiental, e promover aos estudantes da educação básica, consciência ambiental e social. Metodologicamente, desenvolvemos uma sequência de ensino e aprendizagem para abordagem CTS baseada no ciclo de responsabilidade de Leonard Waks, que elege cinco critérios para ensinar questões de ética e valores que surgem na educação que o CTS está presente. A sequência didática foi desenvolvida para aplicação com 13 estudantes com faixa etária entre 16-17 anos em uma turma de 3º ano de Ensino Médio, foi constituída por quatro momentos didáticos seguindo os critérios do ciclo de responsabilidade de Waks, sendo o tempo estipulado para cada momento o de 1 hora-aula correspondente a 50 minutos. Para análise de dados foram consideradas as respostas dos estudantes mediante as atividades propostas. A partir dos resultados da análise podemos dizer que, durante os momentos propostos na sequência didática, os estudantes desenvolveram responsabilidade socioambiental que ficou evidente quando, ao decorrer das atividades e conseguiram relacionar o tema com os conteúdos de Química. Com isso, eles foram capazes de denotar um maior conhecimento do fenômeno estudado que contribuiu para a compreensão de seus papéis como cidadãos que reconhecem seus direitos e deveres, responsáveis por suas decisões e pelos seus impactos na sociedade.

Palavras-chave: Abordagem CTS/CTSA. Chuva Ácida. Educação Ambiental.

ABSTRACT

The phenomenon of acid rain is considered, among several researchers, as a serious environmental problem that affects many countries of the world bringing consequences for health and public assets and can be considered a reflection of the dynamics of society, so it is necessary to take measures to identify and reduce its causes and consequences through environmental education. The present work seeks to relate the subject of acid rain with the study of chemistry contents such as inorganic functions: Acids and oxides. It is known the difficulties that teachers have in promoting reflection on environmental issues in the classroom, as well as making a relationship between environmental themes and chemistry contents. Thus, we search the contextualization of the contents of chemistry and environment, bringing the rescue of memories, facts, and situations. Therefore, through the STS/STSE approach we invite students to stand themselves as citizens capable of building their own opinion for an understanding of the social dimension of science, technology, and the environment. Thus, the objective of this work is to develop scientific knowledge through a sequence of teaching and learning on the topic acid rain, using the STS/STSE approach that articulates environmental education to chemistry teaching, and to promote students of basic education, environmental and social awareness. Methodologically, we have developed a teaching and learning sequence for Leonard Waks' responsibility cycle-based STS approach, which elects five criteria to teach ethical issues and values that arise in the education that the STS is present. The didactic sequence was developed for application with a class of 13 students aged between 16 and 17, on their last year of high school, consisted of four didactic moments following the criteria of the Waks responsibility cycle, and the time stipulated for each moment is one lecture corresponding to 50 minutes. For analysis data were considered the students' answers through the proposed activities. From the results of the analysis, we can say that, during the moments proposed in the didactic sequence, the students developed a socio-environmental responsibility that was evident when, during the activities, they were able to relate the theme with the chemistry contents. With this, they were capable to denote a greater knowledge of the phenomenon studied that contributed to the understanding of their roles as citizens who recognize their own rights and duties, responsible for their decisions and for their impacts on society.

Keywords: Acid rain. Environmental education. STS/STSE approach.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Formação de chuva ácida a partir de fontes antrópicas.....	34
Figura 2	Trajectoria da chuva ácida.....	35
Figura 3	Organização Experimento Chuva ácida Caseira.....	65
Figura 4	Realização do experimento “Chuva Ácida Caseira” pelos estudantes e resultado final do experimento.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Questionário para análise das concepções científicas e de senso comum dos estudantes.....	40
Quadro 2	Leitura individual do texto: “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb”. Disponível na Sanágua Análises químicas e ambientais.....	42
Quadro 3	Critério Tomada de decisão : Situação-Problema 1.....	45
Quadro 4	Roteiro Experimental disponibilizado aos estudantes do momento 4: Experimento Chuva ácida Caseira.....	45
Quadro 5	Leitura individual do texto “Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoeletrica” disponível na Rede Brasil Atual RBA.....	47
Quadro 6	Critério Integração: Situação-problema 2.....	49
Quadro 7	Respostas de estudantes a questão 1 e 2 do questionário proposto.....	52
Quadro 8	Respostas de estudantes a questão 3 e 4 do questionário proposto.....	53
Quadro 9	Respostas de estudantes a questão 5 e 6 do questionário proposto.....	54
Quadro 10	Respostas de estudantes a questão 7 e 8 do questionário proposto.....	56
Quadro 11	Questões ambientais relacionadas a como o avanço industrial prejudicou a cidade de Cubatão.....	58
Quadro 12	Questões sociais sobre o avanço industrial e governo municipal no desenvolvimento da cidade de Cubatão.....	58
Quadro 13	Questões trabalhadas no Júri-simulado.....	60
Quadro 14	Júri-simulado- Debate questão 1: “Cubatão perdeu o posto de Cidade mais poluída do mundo, mas reforça-se o perigo para população, pois necessita de supervisão constante.”	61
Quadro 15	Júri-simulado- Discussão da questão 2: “A poluição era visível por toda a cidade fazendo com que Cubatão ficasse conhecida como Vale da Morte prejudicando a economia da região, superlotando os postos médicos devido	

	aos problemas de saúde que os moradores apresentavam.”.....	62
Quadro 16	Júri-simulado- Discussão da questão 3: “Em 2017, o número de empregos fixou em 13.362 e o total produzido chegou a quase 20 mil toneladas de produtos produzidos na cidade.....	63
Quadro 17	Respostas dos estudantes a situação-problema 1.....	64
Quadro 18	Respostas dos estudantes em relação a situação problema 2.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT	Alfabetização Científica e Tecnológica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNE	Conselho Nacional de Educação
CO ₂	Dióxido de Carbono
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
GEE	Gases de Efeito Estufa
H ⁺	Íon Hidrônio
HCl	Ácido Clorídrico
HCO ₃ ⁻	Íon Bicarbonato
H ₂ CO ₃	Ácido Carbônico
HNO ₂	Ácido Nitroso
HNO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ O	Água
H ₂ SO ₃	Ácido Sulfuroso
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LDB	Lei das Diretrizes e Bases da Educação Básica
MEC	Ministério da Educação
MMA	Ministério do Meio Ambiente

N ₂	Gás Nitrogênio
N ₂ O	Óxido Nitroso
NO	Óxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica
O ₂	Gás Oxigênio
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetro Nacional Curricular
pH	Potencial Hidrogeniônico
ppm	Parte Por Milhão
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental
SD	Sequência Didática
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Trióxido de Enxofre

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
1.1 ABORDAGEM CTS/CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	21
1.1.1 A importância do Ensino de Química e educação ambiental no ensino básico.	21
1.1.2 Considerações gerais sobre CTS.....	26
1.1.3 CTSA para o ensino de química na Educação Básica.	27
1.1.4 Sequência Didática para abordagem CTS e o ciclo de responsabilidade de Waks.....	28
1.2 CHUVA ÁCIDA.....	31
1.2.1 Contexto Histórico.	31
1.2.2 Formação da chuva ácida.	32
1.2.3 Relação antropológicas com a chuva ácida.	34
1.2.4 Impactos sociais e ambientais provenientes da chuva ácida.....	36
1.2.5 Chuva Ácida no Brasil	36
CAPÍTULO 2: METODOLOGIA	38
2.1 Momento 1: Compreensão de si mesmo.	38
2.2 Momento 2: Estudo e Reflexão.	40
2.3 Momento 3: Tomada de Decisões.....	41
2.4 Momento 4: Ação Responsável.....	43
2.5 Momento 5: Integração.	46
CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1 Momento 1: Compreensão de si mesmo	Erro! Indicador não definido.
3.2 Momento 2: Estudo e Reflexão	Erro! Indicador não definido.

3.3 Momento 3: Tomada de decisões	Erro! Indicador não definido.
3.4 Momento 4: Ação Responsável.....	63
3.5 Momento 5: Integração	66
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS	70

INTRODUÇÃO

Com o avanço científico e tecnológico se faz necessária a criação de novas técnicas que visam superar demandas e desafios em nosso cotidiano: o uso de recursos energéticos, tendo o petróleo como a mais importante fonte de energia da atualidade que pode ser utilizado de diversas formas a partir dos seus derivados, tais como: combustíveis automotivos, combustíveis para usinas termoelétricas e indústrias, fabricação de plásticos e derivados, entre outros. O uso dessa importante fonte de energia traz consequências para o meio ambiente desde o processo de extração, transporte, refino até o consumo com a produção de gases poluentes. Nos últimos anos, o uso de combustíveis fósseis vem liberando para a atmosfera altos níveis de dióxido de carbono (CO_2), composto gasoso que pode provocar graves desequilíbrios no efeito estufa. Por exemplo, com uma fonte de energia tão vasta e grandes avanços tecnológicos, o modo de produção agrícola passou a depender mais e mais de maquinários e o manejo manual da terra foi ficando para trás, as máquinas que necessitam de menos esforço humano foram se tornando cada vez mais importantes para o aumento na escala de produção. Vale salientar que o CO_2 é um gás essencial para a vida em nosso planeta, mas sua alta concentração contribui fortemente para o aquecimento global.

Pesquisas realizadas recentemente pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) mostram que os níveis globais de dióxido de carbono (CO_2) vêm aumentando significativamente, mesmo com a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) que ocasionou uma diminuição das atividades industriais, principal responsável pela emissão de CO_2 na atmosfera. Só em abril de 2020, a concentração média de CO_2 na atmosfera era de 416,21 partes por milhão (ppm) quando comparada com Março de 2021 que é de 416,45 ppm mostrando um aumento de 000,24 ppm. Além do CO_2 , outros gases contribuem para o desequilíbrio no efeito estufa e consequentemente para o aquecimento global. Dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), mostram que, em 2019, o Brasil emitiu 9,6% a mais de gases de efeito estufa (GEE) em comparação com o ano de 2018. Esses dados colocam o país entre os 10 maiores emissores de GEE do planeta, mesmo a industrialização sendo um dos maiores vilões para o efeito estufa, no Brasil a principal causa dessas emissões é o desmatamento. Em abril de

2022 foi registrado na Amazônia um recorde de desmatamento, sendo devastados 580,55 km² de área de floresta, segundo o monitoramento realizado pela plataforma Terra Brasilis, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que reúne alertas e monitora o desmatamento na região amazônica desde 2015.

Outros impactos ambientais ocorrem como consequência da industrialização, por exemplo, efeitos ambientais provenientes do consumo exagerado dos recursos naturais e da geração de gases, resíduos e rejeitos industriais. Com relação aos gases produzidos na queima de combustíveis realizada para o funcionamento das indústrias, um dos maiores impactos ambientais é a poluição atmosférica proveniente da emissão de gases, que contribuem consideravelmente para a ocorrência de chuvas ácidas. A chuva ácida é formada pela reação entre a água e o dióxido de carbono (CO₂) existente na atmosfera com os óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) e de nitrogênio (N₂O, NO e NO₂) liberados na atmosfera como produto da queima de combustíveis fósseis. Ao reagirem com gotas de água na atmosfera, os óxidos mencionados formam o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃) e esses dois ácidos provocam o aumento da acidez da água da chuva. Para ser considerada chuva ácida, o pH deve ser menor que 5,6.

É importante destacar que, os países industrializados são os mais afetados pelas chuvas ácidas e quando a acidificação atinge o solo, as águas dos rios e lagos, os seres vivos que habitam esses locais são afetados causando um grande desequilíbrio ambiental. Em 2015, no Brasil, um dos maiores desastres ecológicos ocorreu no município de Cubatão no estado de São Paulo, atingido pela chuva ácida após o vazamento de dióxido de enxofre (SO₂) da fábrica Anglo América Fosfatos Brasil. A fábrica foi multada em cerca de 212 mil reais e precisou tomar uma série de medidas para evitar que a poluição chegasse na população vizinha, muitos danos foram visíveis, foi possível ver manchas e perfurações na vegetação. Durante muito tempo Cubatão foi chamada de “Vale da Morte” devido aos altos índices de poluição atmosférica, índices esses que ocasionaram muitas mortes e levaram uma boa parte da população da região a hospitais com problemas respiratórios. Atualmente, o município é considerado modelo de recuperação ambiental segundo a Organização das Nações Unidas (ONU).

Levando em consideração os aspectos químicos que são importantes para a compreensão dos impactos ambientais mencionados e muitos outros que não iremos tratar aqui, este trabalho pretende aproximar estudos de Química voltados ao

contexto escolar a questões ambientais, a partir do tema da chuva ácida. Assim, este trabalho tem por objetivo desenvolver o conhecimento científico acerca do tema, que muitas vezes traz dificuldades de compreensão na educação básica, além de buscar trazer consciência ambiental e social aos estudantes. Para isso, este trabalho propõe uma abordagem CTS/CTSA para o tema articulada ao ensino da Química e à educação ambiental.

Vale ressaltar que o ensino de Ciências foi considerado por muito tempo compartimentado e mesmo vivendo em um mundo que é totalmente influenciado pela Ciência e Tecnologia, ainda convivemos com as dificuldades acerca de inovação nessa forma de ensino. Segundo Palácios et al (2001, p.12), “a Ciência é um empreendimento objetivo, neutro, baseado em um código de racionalidade não influenciada por fatores externos e autônomo em relação à sociedade. Em determinados momentos da história foi defendida a ideia de que só era possível obter a verdade por meio do método científico”. Cerezo (2003, p.19) descreveu que o método científico é uma combinação de racionalidade lógica e observação cuidadosa, ou seja, uma boa aplicação do método científico certamente garantiria um bom funcionamento do ensino de ciências. Com o avanço científico, a confiabilidade da humanidade em relação à ciência e tecnologia tem grande impacto positivo, a lógica do comportamento humano passou a ser a lógica da eficácia tecnológica e suas razões passaram a ser as da ciência (BAZZO,1998). Diferentemente de uma visão focada no método científico, consideramos que ensinar Ciência é de grande relevância, principalmente pela necessidade de formar indivíduos capazes de compreender, participar ativamente e desenvolver pensamentos críticos, e esse é um dos objetivos da abordagem CTS/CTSA. De acordo com Santos & Mortimer (2002), o principal objetivo da educação de CTS no Ensino Médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando na construção do conhecimento, habilidades e valores necessários para tomar as decisões responsáveis sobre questões de Ciência e Tecnologia na Sociedade.

Os inúmeros problemas ambientais que surgiram no planeta nas últimas décadas ocasionados pela ação do homem levaram à criação de um movimento que buscou desenvolver uma consciência ambiental, surge então o movimento CTS ou CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Galvão et al. (2006) afirmam que é no ensino básico que o currículo deve ressaltar a necessidade de conheci-

mento científico na educação dos jovens, de modo a torná-los conscientes da importância dos seus comportamentos e possibilitar intervenção na gestão ambiental e construção de um mundo mais sustentável. Com isso, podemos salientar o quão importante é que os jovens tenham acesso a uma educação Química e ambiental de qualidade, tendo em vista, sua relevância para a formação de um cidadão capaz de compreender a importância de sua participação em nível individual e coletivo para preservação do meio ambiente. Segundo a lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, a educação ambiental é um item essencial e permanente da educação Nacional, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo formal e não-formal. Do mesmo modo, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (Lei 9394/96), é obrigatório o ensino de Educação Ambiental para todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. Ainda, é possível encontrar no capítulo VI, artigo 225 da Constituição Federal, a ideia de que “todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1998)

Diante do exposto, temos como orientação para o desenvolvimento deste trabalho monográfico o seguinte problema de pesquisa: Como uma abordagem CTS/CTSA articulando o ensino de Química e a educação ambiental pode contribuir na formação de educandos do Ensino Médio como pessoas ativas e conscientes que buscam melhorar a sociedade para todos?

É sabida a dificuldade que os professores possuem em promover a reflexão sobre as questões ambientais em sala de aula, assim como relacionar temas ambientais com o conteúdo de Química. Isso se dá possivelmente, pela dificuldade de inclusão desses temas nas aulas de conteúdos químico, ou ainda a abordagem e articulação desses temas são feitas de forma superficial e apenas informativa. Levando em consideração essas dificuldades, neste trabalho, buscamos contextualizar os conteúdos de Química e meio ambiente, trazendo o resgate de memórias de fatos e situações, tais como: origem, causas, consequências e acima de tudo promovendo reflexões sobre questões sociais. Dessa forma, convidamos os estudantes a se posicionarem como cidadãos capazes de construir sua própria opinião, a partir da abordagem CTS/CTSA que aponta para uma compreensão da dimensão social da Ciência, da Tecnologia e do meio ambiente, promovendo uma alfabetização científica orien-

tada para a cidadania e despertando responsabilidade social na tomada de decisões. Para isso, este trabalho propõe a estruturação e desenvolvimento de uma sequência de ensino e aprendizagem, visando buscar a conscientização dos estudantes de forma lúdica, tornando mais prazerosa a relação entre conteúdos de Química e questões sobre o meio ambiente.

Nessa perspectiva, o objetivo geral deste trabalho é **desenvolver o conhecimento científico por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre o tema chuva ácida, utilizando uma abordagem CTS/CTSA que articula ao ensino de química a educação ambiental, e promover aos estudantes da educação básica, consciência ambiental e social.**

Como objetivos específicos, delineamos:

- ✓ Elaborar e aplicar uma sequência didática sobre a chuva ácida, a partir de uma abordagem CTS/CTSA, buscando articular aspectos do conteúdo químico a questões ambientais.
- ✓ Analisar as ideias desenvolvidas pelos estudantes ao longo da sequência didática no sentido de verificar a compreensão que os estudantes constroem sobre o tema Chuva ácida, nos seus aspectos químicos e ambientais.
- ✓ Avaliar se os estudantes desenvolveram sensibilização ambiental quanto aos impactos ambientais relacionados com a poluição atmosférica.

Esperamos assim, que este trabalho contribua para estimular e difundir a abordagem CTS/CTSA entre os professores de química, bem como promover reflexões entre as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade voltadas ao ensino de Química.

Nesta monografia, seguimos a seguinte estrutura: além desta introdução, temos no capítulo 1 a Fundamentação Teórica buscando uma discussão sobre a abordagem CTS/CTSA no ensino de Química e educação ambiental. Tratamos sobre a importância do ensino de Química e educação ambiental no ensino básico, bem como algumas considerações gerais sobre CTS e o CTSA para o ensino de Química na Educação Básica além de uma Sequência Didática para abordagem CTS baseada no ciclo de responsabilidade de Waks. Neste capítulo ainda abordamos a chuva ácida, seu contexto histórico, sua formação, as relações antropológicas, os impactos sociais e ambientais provenientes desse fenômeno e a incidência de chuva ácida no Brasil. No Capítulo 2 trazemos a metodologia, com uma sequência didática dividida

em quatro momentos baseada no ciclo de responsabilidade de Leonard Waks. No capítulo 3 trazemos os resultados e discussão com os quais foi possível atender o objetivo da pesquisa, trazendo os resultados da aplicação da sequência didática. E por fim, trazemos por último algumas considerações finais.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo discutiremos sobre a abordagem CTS/CTSA no ensino de Química e educação ambiental, bem como sua importância no ensino básico, trazendo algumas considerações gerais sobre CTS, assim como uma sequência didática utilizando uma abordagem CTS baseada no ciclo de responsabilidade de Leonard Waks. Também neste capítulo, foram trabalhados os aspectos históricos voltado ao tema Chuva Ácida bem como as relações antropológicas, os impactos sociais e ambientais provenientes desse fenômeno e sua incidência no Brasil.

1.1 ABORDAGEM CTS/CTSA NO ENSINO DE QUÍMICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.

1.1.1 A importância do Ensino de Química e educação ambiental no ensino básico.

A educação ambiental pode ser definida como um processo permanente no qual os indivíduos e as comunidades adquirem consciência do seu meio e aprendem os conhecimentos, os valores, as competências, a experiência e também a determinação que os capacitará para atuar individualmente e coletivamente, na resolução de problemas ambientais (NOVA,1994). Esse tema vem ganhando cada vez mais espaço, e a escola na atualidade é a grande responsável por promover o conhecimento e valores na área. Segundo Matos (2009), em termos cronológicos e ambientais o nome educação ambiental foi utilizado pela primeira vez no ano de 1965 em um evento promovido pela Universidade de Keele, no Reino Unido. Nesse evento, os educadores, que eram influenciados pelo movimento ambientalista que estava crescendo na Europa, trouxeram a ideia de que as questões ambientais deveriam ser trabalhadas na escola, sendo parte da formação de todo cidadão. Surgiu aí a ideia de educação ambiental, mas só em 1969 foi fundada a Sociedade de Educação Ambiental. Em 1976, ocorreu o “Taller Subregional de Educación Ambiental Para Educación Secundária”, realizado no Peru, esse evento foi muito importante na época, pois se tratava do primeiro encontro regional. Em que se afirmava a necessidade metodológica da educação ambiental ser construída a partir da realidade cotidiana. Houve, a partir daí, vários outros encontros que evidenciavam a necessidade do movimento ambientalista para consciência ambiental.

No Brasil, foram poucas as ações ambientais ocorridas antes de 1980, em primeiro momento, a educação ambiental brasileira era considerada uma educação conservacionista e estava associada a apenas órgãos técnicos de meio ambiente, servia para garantir a preservação de patrimônios naturais. Segundo Loureiro (2004), Não havia, nesta época em nosso país a percepção da educação ambiental como um processo educativo, histórico e vetor de transformações societárias. No ano de 1979, o departamento de Ensino Médio do ministério da educação e a companhia de tecnologia de saneamento ambiental (CETESB), ligada a secretaria de Meio ambiente do governo de São Paulo, publicaram um documento “Ecologia- Uma Proposta para ensino de 1° e 2° graus”. Esse documento considerava as questões ambientais em seu aspecto biológico e ia contra tudo que estava sendo discutido no resto do mundo sobre os problemas ambientais enquanto abordagem integradora das questões sociais. (MATOS, 2009, pg.33). Ainda, segundo Dias (1991), no Brasil:

[...] A questão ambiental continuava a ser vista como algo pertinente às florestas, mares e animais ameaçados de extinção, enquanto não eram discutidos a condição do homem, os modelos de desenvolvimento predatórios, a exploração de povos, o sucateamento do patrimônio biológico e cultural, a expansão e o aprofundamento da pobreza no mundo e a cruel desigualdade social estabelecida entre os povos.

Passados anos de luta para inclusão de uma educação ambiental integradora de questões sociais, o Brasil aprova, em Março de 1987, o parecer 226/87 do Conselho Federal de Educação. Esse parecer considerava necessária a inclusão da educação ambiental entre os conteúdos a serem explorados nas propostas curriculares das escolas de 1° e 2° grau, mas a educação ambiental só foi entendida como política pública quando foi incluída na constituição federal de 1988, que estabeleceu o quão necessário era “Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.” Já no final da década de 1980 foi criada a lei a Lei 7797/89 que criou o Fundo Nacional do Meio Ambiente, essa lei fornecia recursos em projetos de educação ambiental.

Nos anos 1990, o Brasil desenvolve importantes políticas públicas. No ano de 1992 foi criado o Ministério do Meio Ambiente (MMA) que tem como função promover princípios e estratégias para o conhecimento, proteção e recuperação do meio ambiente de forma transversal e compartilhada, participativa e democrática, em todos os níveis e instâncias do governo e sociedade. Foi criado também no mesmo

ano, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) que visa garantir o cumprimento das leis ambientais e integrar a gestão ambiental em nosso país.

Em 1994, foi criado o programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA) compartilhado pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos, da Amazônia Legal e pelo MEC. Esse programa discorre sobre as diretrizes, objetivos e ações em educação ambiental no âmbito do governo federal brasileiro e menciona a educação ambiental enquanto prática dialógica que objetiva o desenvolvimento de consciência crítica da sociedade brasileira, comprometida com uma abordagem da problemática ambiental que relaciona os aspectos sociais, ecológicos, econômicos, políticos, culturais, científicos, tecnológicos e éticos. (MATOS, 2009, pg.34).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), definem meio ambiente como um tema transversal, segundo o MEC, voltados para a compreensão e para a construção da realidade social e dos direitos e responsabilidades relacionadas com a vida pessoal e coletiva e com a afirmação do princípio da participação política. Esses temas devem ser trabalhados com as disciplinas principais já existentes sem definir uma articulação entre elas. A lei nº 9795 de 1999 institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), essa lei vincula a questão ambiental às questões educativas extracurriculares, buscando que o educando aplique em seu cotidiano o que é aprendido no ensino formal.

A Química é vista como vilã desde muito tempo é considerada a Ciência que estuda a matéria e suas transformações e devido a isso está presente em nosso dia a dia, embora estejamos vivendo um momento voltado a Tecnologia e progressão da Ciência ainda existe certo preconceito ao se falar sobre essa ciência, contudo, vale salientar que todas as pessoas devem ter o mínimo do conhecimento químico para que ele possa participar da sociedade, esse conhecimento não é necessariamente científico, muitas vezes partem do conhecimento do senso comum.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica (LDB Lei nº 9394/96) "a educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores". Já os PCN+ (Parâmetro Nacional Curricular) dizem que a organização dos conteúdos de Química no Ensino Médio deve levar em consideração a vivência particular dos alunos e a interação da sociedade com o mundo, focando a interferência dos saberes científicos e tecnológi-

cos na sociedade, cultura e no ambiente (BRASIL, 2002). A ideia é utilizar situações problemas reais em sala de aula e buscar o conhecimento químico dos estudantes para solucioná-las e compreendê-las.

Para isso, é preciso que os professores forneçam aos alunos uma base que os possibilitem participar de decisões na sociedade e nos efeitos que estas podem gerar. O fato é que os professores de Química são metódicos e se preocupam em ensinar fórmulas, símbolos e cálculos, ocasionando uma visão negativa por parte dos estudantes, esquecem-se de mostrar que a Química vai além de tudo isso e deve ser utilizada como um instrumento de transformação no âmbito social, na Tecnologia e também como algo que pode ajudar a modificar a economia de um país (SÁ, 2017). Uma forma de fornecer aos estudantes essa base é utilizando em sala de aula a contextualização dos conceitos químicos com a realidade social levando em consideração o conhecimento científico.

A contextualização do ensino surgiu em um momento em que os conteúdos escolares na educação formal eram apresentados de forma fragmentada e isolada, apartados de seus contextos de produção científica, educacional e social (KATO E KAWASAKI, 2011). Essa forma de ensino é conhecida como tradicional, ainda é bastante utilizada no ambiente escolar, na qual são apresentados conteúdos escolares na sua forma mais abstrata.

Para Lopes (2002), o maior problema é o processo de apropriação do conhecimento pela escola, a retirada dos conceitos de sua historicidade e problemática. Enquanto que Rodrigues e Amaral (1996) defendem que contextualizar o ensino significa trazer a própria realidade do aluno, não apenas como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem, mas como o próprio contexto de ensino.

Os temas transversais surgem da necessidade de se tornar o currículo mais flexível, pois é possível alterar os temas sem mexer nas disciplinas tornando-o mais social e contemporâneo. Os temas transversais não devem criar uma nova área curricular e devem ser relacionados a temas sociais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) definem transversalidade como:

... À possibilidade de se estabelecer, na prática educativa uma relação entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real e de sua transformação (aprender a realidade da realidade) (BRASIL, 1998, p. 30).

Desde 1995, o Ministério de Educação (MEC) do Brasil promove um debate a nível nacional referente a PCNs a maior ênfase desse debate são os “temas transversais: Ética, Meio Ambiente, Educação Sexual, Pluralidade Cultural, Saúde, Trabalho e Consumo.” Esses temas estão presentes no cotidiano e expressam valores ditos fundamentais à democracia e cidadania e correspondem a questões urgentes para a sociedade.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as resoluções do Conselho Nacional de Educação (CNE) apontam a educação ambiental como uma temática que deve ser inserida no currículo de modo diferenciado, não devendo ser configurado como uma nova disciplina. A educação ambiental deve ser considerada interdisciplinar, pois não faz sentido ministrar conteúdos e conceitos sem uma abordagem com outras ciências como: Química, Física, Geografia e Biologia. Por isso, esta deve ser ministrada através da transversalidade, perpassando as disciplinas curriculares obrigatórias. Segundo a PCNs (BRASIL, 1998,p.29):

Ambas – transversalidade e interdisciplinaridade – se fundamentam na crítica de uma concepção de conhecimento que toma a realidade como um conjunto de dados estáveis, sujeitos a um ato de conhecer isento e distanciado. Ambas, apontam a complexidade do real e a necessidade de se considerar a teia de relações entre os seus diferentes e contraditórios aspectos. Mas diferem uma da outra, uma vez que a interdisciplinaridade refere-se a uma abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento, enquanto a transversalidade diz respeito principalmente à dimensão da didática.

A questão ambiental necessita de novos conhecimentos teóricos e práticos para a sua compreensão. Para Oliveira (2007, p.108):

A transversalidade da questão ambiental é justificada pelo fato de que seus conteúdos, de caráter tanto conceituais (conceitos, fatos e princípios), como procedimentais (relacionados com os processos de produção e de resignificação dos conhecimentos), e também atitudinais (valores, normas e atitudes), formam campos com determinadas características em comum: não estão configurados como áreas ou disciplinas; podem ser abordados a partir de uma multiplicidade de áreas; estão ligados ao conhecimento adquirido por meio da experiência, com repercussão direta na vida cotidiana; envolvem fundamentalmente procedimentos e atitudes, cuja assimilação deve ser observada a longo prazo.

Faz-se necessário ressaltar que nenhuma disciplina do currículo obrigatório consegue tratar todas as questões ambientais isoladamente, por isso cabe à escola

criar junto aos estudantes, professores e comunidade projetos e ações que visem uma educação conjunta sobre o meio ambiente.

1.1.2 Considerações gerais sobre CTS

De acordo com Bazzo (1998), o enfoque CTS surgiu em meados dos anos 60 e 70 como resposta a crescente insatisfação relacionada à Ciência e Tecnologia bem como aos problemas políticos resultados do desenvolvimento científico e tecnológico dessa época. Nasce, a partir daí, a necessidade de desenvolver um olhar mais crítico em relação a esse desenvolvimento para que assim seja possível formar um cidadão em Ciência e Tecnologia. Tal formação não estava sendo alcançada pelo ensino convencional de Ciências e para que aja no ensino formal a formação de cidadãos críticos se faz necessário uma nova prática educacional, segundo Cruz (2001, p.171, apud CANDÉO, 2013, pg.33)

[...] o papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar, de forma crítica e consciente, dos debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido.

Por isso, se faz importante o enfoque CTS que promove motivar os estudantes a buscar informações e estimular uma nova reflexão sobre ciências e tecnologia na sociedade buscando correlacionar a educação científica e tecnológica a experiências sociais e cotidianas. Para Santos e Mortimer (2001, p. 115):

Os processos de investigação científica e tecnológica propiciariam a participação ativa dos alunos na obtenção de informações, solução de problemas e tomada de decisão. A interação entre ciência, tecnologia e sociedade propiciaria o desenvolvimento de valores e ideias por meio de estudos de temas locais, políticas públicas e temas globais.

No Ensino Médio o objetivo central do enfoque CTS é alfabetizar cientificamente e tecnologicamente, proporcionando ao estudante a construção de conhecimentos, habilidades e valores para que tomem decisões responsáveis quando a questão trabalhada for Ciência e Tecnologia na sociedade, Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) apontam que entre os conhecimentos e habilidades a serem desenvolvidos estão autoestima, comunicação escrita e oral, pensamento lógico e racional para que os problemas sejam solucionados, responsabilidade social, tomadas de decisões, entre outros.

A Química para a maioria das pessoas, é vista como uma Ciência complexa e um dos motivos que levam a esse pensamento é a forma como os conteúdos são passados em sala de aula que segue sendo de forma descontextualizada e fragmentada. Para Auler (2003, p.78):

[...] pode ser interessante ensinar as disciplinas, por elas mesmas, a futuros especialistas, mas não devemos nos assombrar se, quando nosso ensino está majoritariamente centrado sobre os interesses dos cientistas, os jovens acabem ficando desgostosos com o ensino de ciências.

Nesse sentido, o ensino de Química voltado ao enfoque CTS busca ampliar o processo de ensino-aprendizagem utilizando a compreensão dos conteúdos como um meio capaz de promover a responsabilidade individual e social dos estudantes. Segundo Solomon (1988), os cursos CTS devem ensinar o caráter provisório, transitório e incerto das teorias científicas, uma vez que com uma visão de ciência pronta os estudantes terão dificuldade em aceitar outras possibilidades para resolver um mesmo problema proposto.

1.1.3 CTSA para o ensino de química na Educação Básica.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL 1996) diz que “a educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”. A Química pode ser considerada a ciência que estuda a matéria e suas transformações e devido ao seu conceito está constantemente presente em nosso cotidiano fazendo com que o cidadão precise ter o mínimo de conhecimento químico para fazer parte da sociedade. Segundo PCN+ a organização dos conteúdos de Química no Ensino Médio deve levar em consideração o cotidiano dos estudantes e a sua interação com o mundo.

Com os avanços dos conhecimentos científicos e tecnológicos se faz necessário uma nova visão sobre o ensino de Química que deve capacitar os estudantes a tomarem decisões próprias contribuindo assim para seu desenvolvimento como cidadão. Nesse sentido, o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), como abordagem no ensino de Química tem o objetivo de possibilitar o conhecimento científico para os estudantes, preparando-os para o exercício da cidadania promovendo o pensamento crítico e consciente sobre o que vem acontecendo

no mundo para tomadas de decisões responsáveis. Para Praia et al. (2007), o enfoque CTSA marca o desenvolvimento científico e destaca as repercussões para todos os tipos de conhecimentos científicos e tecnológicos permitindo a preparação para a cidadania na tomada de decisões. Ainda segundo Pinheiro (2007), o enfoque CTSA deve ser inserido no Ensino Fundamental para que se forme um cidadão que tenha sua atenção voltada aos aspectos que envolvam o contexto tecnológico, científico e social.

Sendo assim, o ensino de Química voltado ao enfoque CTSA pode transmitir aos estudantes uma visão ambiental e social do meio em que vive, tornando assim as aulas de Química e os conteúdos obrigatórios mais atrativos quando relacionados a temas relacionados à sua realidade, desenvolvendo a compreensão dos conceitos químicos mas também ampliando esses conhecimentos para aptidões no contexto social, científico, tecnológico e ambiental.

1.1.4 Sequência Didática para abordagem CTS e o ciclo de responsabilidade de Waks.

O enfoque CTS propõe o ensino por meio de situações reais relacionadas aos aspectos científicos e tecnológicos para desenvolver a capacidade social dos estudantes. Para Aikenhead (1994), o enfoque CTS pode ser organizado em uma sequência de eventos capaz de favorecer o seu entendimento. Nesse sentido, para construir uma sequência didática voltada ao enfoque CTS se faz necessário contemplar alguns pressupostos como: Tomadas de decisão, criticidade e aspectos éticos e sociais.

A sequência didática pode ser considerada uma atividade de ensino e aprendizagem que abordam diversas temáticas com conteúdos de diversas disciplinas, assim o estudante é desafiado a buscar o conhecimento científico e de senso comum para sua resolução. Segundo Silva et al (2011, p.3):

A abordagem CTS propõe uma integração harmônica entre conteúdos específicos e seus processos de produção, o que pode levar os alunos a construir o seu próprio conhecimento. Nessa perspectiva, a educação das ciências deve propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas principalmente na definição do que se almeja em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico.

No entanto, cabe o professor a inserção do enfoque CTS juntamente a uma sequência didática para abordar os conteúdos obrigatórios dando ao estudante a capacidade de construir seu próprio conhecimento, quebrando a barreira criada de que Ciência é somente para os cientistas. Pinheiro et al. (2007 p.5) ressaltam que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) implementam a ação do professor de levar para sala de aula discussões e reflexões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, proporcionando assim uma educação tecnológica. Ainda seguindo esse contexto, Almeida (2008 p.15) destaca que:

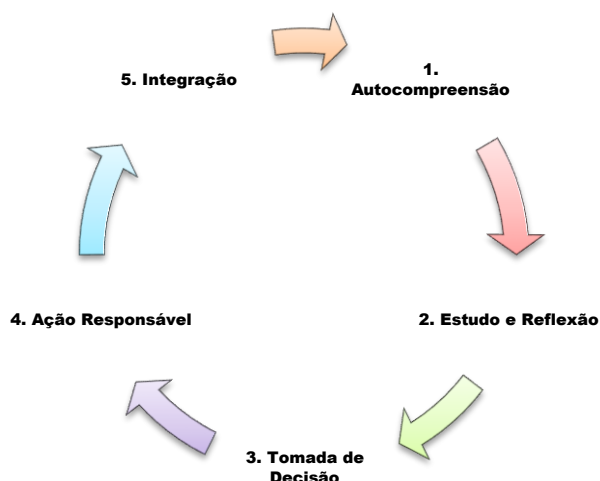
O ensino de Química, assim como o de Física, preocupa-se com a formação do indivíduo para a vida, formação essa que leva em consideração o mundo moderno e tecnológico em que vivemos, sendo uma das principais funções do trabalho docente a de contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos a decidirem e principalmente atuarem no seu contexto social.

Validando a ideia de que o professor precisa buscar propostas de trabalhar o conteúdo obrigatório de maneira científica inserindo uma interação no contexto social, trazendo para sala de aula fatos do cotidiano dos estudantes, os estimulando para uma formação mais crítica, participativa e atuante da sociedade em que vivem.

O ciclo de responsabilidade de Leonard Waks elege cinco critérios progressivos da educação sob o enfoque CTS. Para Firme (2021), o estudante precisa vivenciar algumas fases no processo de ensino e aprendizagem para que aja o desenvolvimento de sua responsabilidade social, nesse sentido, o ciclo é proposto para auxiliar os educadores a construir um caminho mais prático para aprendizagem. Qualquer estudante passando pelas fases do ciclo pode desenvolver seus compromissos e convicções para com a sociedade aprendendo como as questões científicas, tecnológicas e sociais a influenciam. Ainda segundo Waks (1996, apud. FIRME, 2021), confrontando e refletindo sobre temas CTS de crescente complexidade, é possível observar que os estudantes podem ganhar maturidade no que diz respeito à responsabilidade social.

Os critérios do ciclo de responsabilidade são propostos na fase de espiral (Gráfico 1) o que indica que podem ser retomadas, mas não no mesmo nível.

Gráfico 1: Representação do Ciclo de responsabilidade de Waks



Fonte: Autora (2022)

Os cinco critérios são:

- Autocompreensão:** Neste critério o estudante deve compreender a si mesmo como agentes responsáveis e que fazem parte de uma sociedade e parte da sua responsabilidade perante ela. É preciso que os estudantes se posicionem como cidadãos participativos reconhecendo seus direitos e deveres, bem como sendo responsáveis pelas suas próprias escolhas.
- Estudo e Reflexão:** Segundo Waks (1996), Neste critério os estudantes são direcionados a tomar conhecimentos sobre Ciência e Tecnologia e seus impactos na sociedade.
- Tomada de Decisão:** Neste critério, os estudantes são direcionados a solução de problemas e tomadas de decisões sem levar em consideração a natureza dos temas abordados.
- Ação Responsável:** Neste critério, o estudante é direcionado a desenvolver e tomar cursos de ação individual e social. Nesta fase, a teoria se torna prática, o estudante é capaz de tornar todo conhecimento obtido em ação.
- Integração:** Neste critério, os estudantes são submetidos a trazer considerações mais amplas acerca do triade CTS, partindo de um assunto específico, o que torna o estudante um ser responsável capaz de ampliar suas reflexões acerca do tema.

1.2 CHUVA ÁCIDA

1.2.1 Contexto Histórico.

O primeiro monitoramento sistemático da poluição atmosférica iniciou-se no ano de 1852 pelo químico Britânico Robert Angus Smith, que só vinte anos depois utilizou o termo “Chuva Ácida” pela primeira vez no seu livro *Air and Rain: The Beginnings of Chemical Climatology*, publicado no ano de 1872. Smith o usou para descrever a situação vivenciada em Manchester, no Reino Unido, quando houve precipitações com acidez elevadas no período da revolução industrial. Ele constatou que essa acidez era influenciada pela combustão do carvão, decomposição de matéria orgânica, direção dos ventos, proximidade do mar, quantidade e frequência de chuvas. Também observou que as chuvas ácidas causavam danos às plantas e materiais, foi o primeiro pesquisador a associar a eventual presença do ácido sulfúrico às precipitações ácidas (COWLING, 1982).

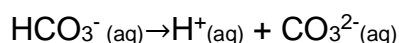
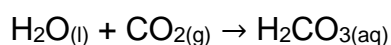
Embora Smith tenha sido pioneiro nas pesquisas, só no ano de 1960 no estudo que envolvia a composição química das águas superficiais, chuva e solo o químico sueco Svant Oden divulgou o problema da chuva ácida e a relacionou com deterioração das florestas e da pesca. No ano de 1961, Oden coletava dados do campo sobre a relação entre corpos de água doce e solos circundantes e seguindo a linha de pesquisa de dois suecos, Carl Gustav Arvid Rossby e Erik Eriksson no Instituto de Meteorologia da Universidade de Estocolmo, o levou a analisar a química da chuva, assim como monitorar os poluentes atmosféricos emitidos por várias partes da Europa. Logo, percebeu que a poluição atmosférica industrial especialmente dióxido de enxofre (SO₂), da Grã-Bretanha e da Alemanha afetou negativamente a chuva que caiu na Suécia. Ao comparar seus dados de pesquisa com a do inspetor de pesca Ulf Lunden, Oden concluiu que se houvesse a continuação não controlada dessa poluição atmosférica certamente ocorreria à destruição das populações de peixes suecos e a redução do rendimento das safras. Então, ele resolveu publicar seus resultados em um jornal *Dagens Nyheter*, na edição do dia 24 de outubro de 1967. Como resultado, a população e o governo sueco se mobilizaram em seu apoio. No ano de 1972, a conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, apresentou pela primeira vez a chuva ácida como

um problema grave de poluição atmosférica que ocasionou as extensas mortes de peixes, danos às florestas e fazendas e problemas de saúde humana na Suécia.

Mesmo os Estados Unidos realizando estudos que mostravam que as águas da chuva estavam de 100 a 1.000 vezes mais ácidas no leste americano e que tudo isso era devido às emissões de óxido de enxofre e nitrogênio pelas indústrias e usinas de geração de energia elétrica, os americanos só acreditaram na existência da chuva ácida em 1974 após conferências de Oden em várias universidades dos Estados Unidos. Em 1975, em Columbus (Ohio, EUA), aconteceu o primeiro Simpósio Internacional em Precipitação Ácida e o Ecossistema de Florestas (Acid Rain Conference), que visa reunir os principais cientistas acadêmicos, pesquisadores e população em geral para trocar e compartilhar suas experiências e resultados em todos os aspectos das pesquisas em chuva ácida. Os autores são encorajados a contribuir e ajudar a moldar a conferência por meio da submissão de seus resumos de pesquisa, artigos e pôsteres eletrônicos. Essa conferência acontece a cada cinco anos em diferentes locais do mundo.

1.2.2 Formação da chuva ácida.

Em condições normais o pH das chuvas já é ácida e tem um valor aproximado a 5,6 devido aos equilíbrios estabelecidos na atmosfera entre CO_2 e HCO_3^- :

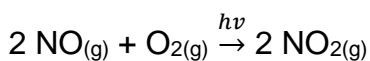
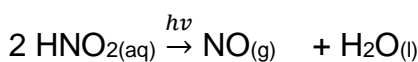
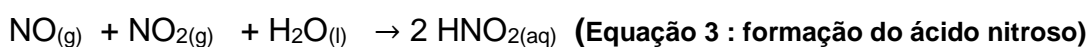


Levando em consideração essas equações, podemos definir chuva ácida como a precipitação contendo substâncias mais ácidas que CO_2 e cujo pH seja inferior a 5,6. Em algumas regiões florestais não poluídas, têm sido evidenciadas chuvas com pH entre 4 e 5, esse fato se dar devido as espécies ácidas emitidas pela vegetação (FROTA; VASCONCELOS, 2019, pg.111)

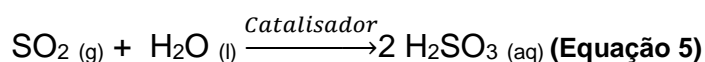
A acidez das chuvas pode ser devido à emissão direta de poluentes primários, tais como: HCl , HNO_3 e H_2SO_4 . No entanto, essa acidez também podem ser formadas a partir de poluentes secundários, como o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). Na atmosfera, quando essas espécies reagem com oxigênio (O_2) e água (H_2O), formam respectivamente, os ácidos H_2SO_4 e HNO_3 .

O nitrogênio gasoso (N₂) e oxigênio molecular (O₂) da atmosfera, podem reagir e formar o monóxido de nitrogênio (NO), como mostra a reação 1. O NO pode ser oxidado pelo gás oxigênio presente na atmosfera e formar o dióxido de nitrogênio (NO₂) como mostra a reação 2. Essa reação explica o porquê muitas vezes o céu de uma cidade que possui muitos carros, como por exemplo: São Paulo, aparenta ter a coloração marrom, quando somada a uma grande quantidade de material particulado (Fuligem) que também escurece a atmosfera. Os óxidos de nitrogênio podem reagir para produzir o ácido nitroso (HNO₂) e o ácido nítrico (HNO₃).

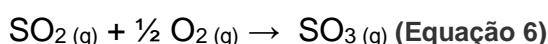
- Formação de Ácido Nitroso (HNO₂) e Ácido Nítrico (HNO₃).

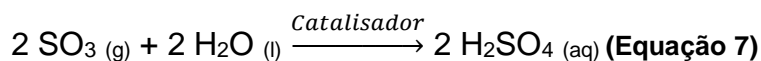


Já o dióxido de enxofre (SO₂), quando comparado ao CO₂ é o maior responsável pelo aumento da acidez da chuva, pelo seguinte motivo: possui maior solubilidade. O SO₂ possui uma solubilidade de 11,3 g/100mL e o CO₂ possui uma solubilidade de 0,169 g/100mL. O SO₂ é produzido diretamente da queima dos combustíveis fósseis, na ausência de poluentes a oxidação do SO₂ a SO₃ por meio de reações homogêneas é muito lenta, já na presença de poluentes que podem atuar como catalisadores de reações à velocidade da oxidação pode ser acelerada. Por ser bastante solúvel, o SO₂ dissolve facilmente nas gotículas de água e na presença de um catalisador é oxidado a ácido sulfuroso, como mostra a equação 5.



O SO₂ também pode sofrer oxidação na atmosfera e formar o trióxido de enxofre (SO₃), que em contato com as gotículas de água da chuva, forma o ácido sulfúrico (H₂SO₄), como mostra as equações 6 e 7 .

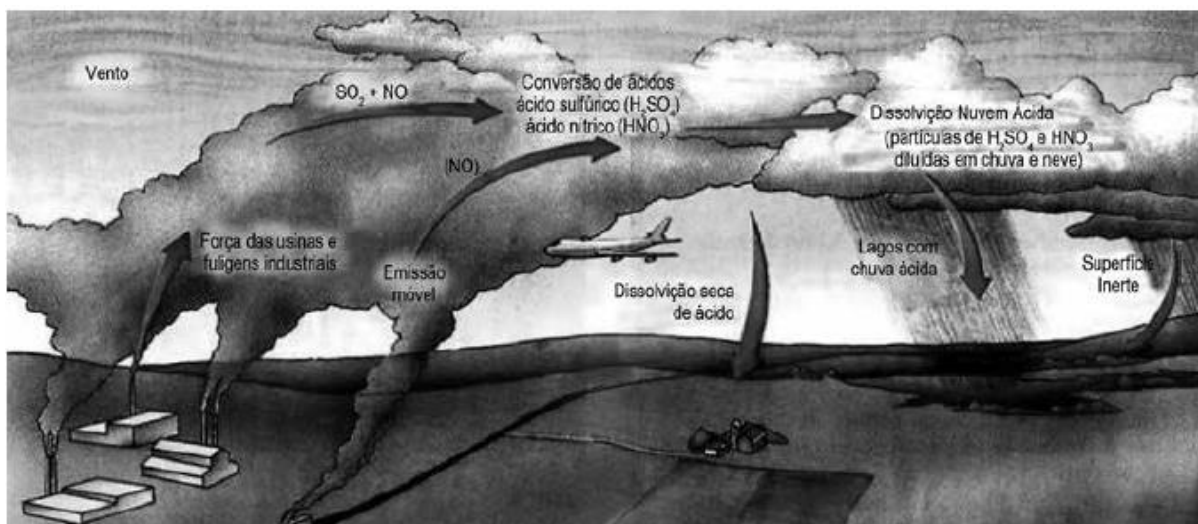




1.2.3 Relação antropológicas com a chuva ácida.

O fenômeno da chuva ácida vem se intensificando desde a primeira revolução industrial, devido ao grande uso de máquinas que liberam na atmosfera o CO_2 . Determinadas atividades humanas causam poluição atmosférica que vem gerar chuva ácida, a qual possui valores de pH que podem variar de 4,9 a 1,9 (BAINES, 1993), a queima dos combustíveis fósseis, gera o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), essas substâncias são as principais responsáveis pela sua formação, como mostra a **figura 1**.

Figura 1- Formação de chuva ácida a partir de fontes antrópicas



Fonte: RAVEN, P. H., BERG, L.R. e JOHNSON, G. B. Environment, 1995 Version. Filadélfia: Saunders College Publishing, 1995. (Imagem retirada do livro Química Ambiental, 2ª edição, das autoras: Evanise Batista Frota e Nadja Maria Sales de Vasconcelos, pg.112)

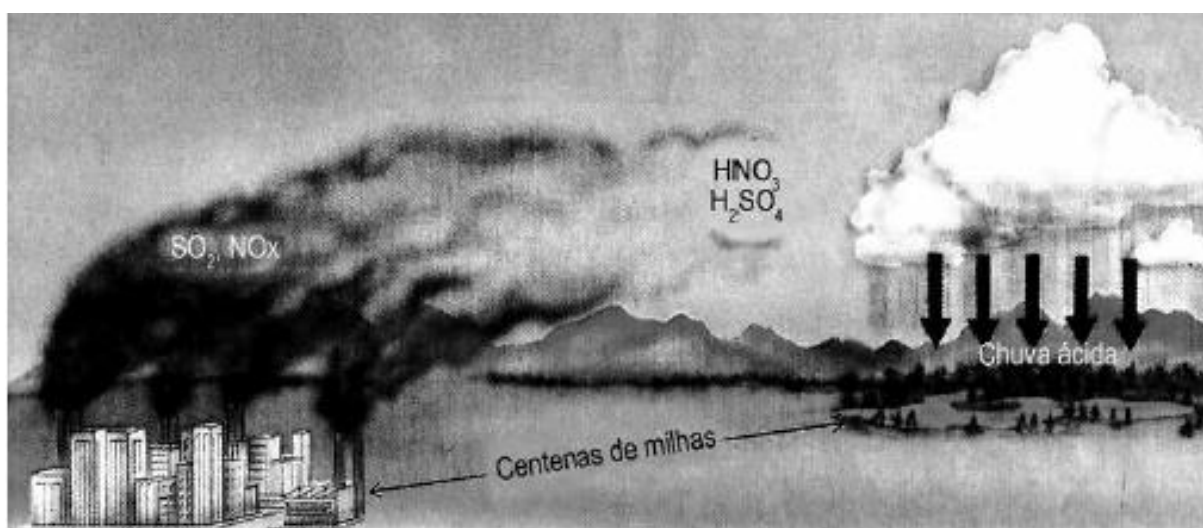
A queima de carvão mineral é uma das principais fontes de SO_2 que também podem ser gerados quando minérios de ferro com alto teor de sulfeto são usados em fundições (SIMON; DEFRIES, 1992), uma das maiores fontes de liberação de SO_2 são as usinas termelétricas e as fábricas. Segundo Baines (1993), são lançadas por ano cerca de 24 milhões de toneladas de dióxido de enxofre na América do Norte e 44 milhões de toneladas na Europa.

Já os maiores produtores de óxidos de nitrogênio são os motores dos veículos juntamente com combustões industriais, pois esses óxidos são subprodutos de queima de combustíveis fósseis como a gasolina, óleo e gás natural (SIMON; DEFRIES, 1992). Segundo Baines (1993), são geradas por ano, 22 milhões de toneladas destes óxidos na América do Norte e 15 milhões de toneladas na Europa Ocidental.

Cerca de 90% das emissões antropogênicas de SO_2 , NO e NO_2 ocorrem no hemisfério Norte (BENKOVITZ ET AL., 1996, APUD RYABOSHAPKO ET AL., 1998)

As partículas ácidas podem viajar longas distâncias com os ventos, isso porque as chaminés das indústrias são normalmente construídas com uma grande altura para que a liberação de fumaça se dê à maior altitude possível, essas chaminés altas acabam sendo grandes vilãs, pois contribuem fortemente para a formação a chuva ácida. Essas partículas ácidas podem ser levadas pelos ventos até milhares de quilômetros de distância além de poderem ficar na atmosfera por várias semanas sendo, por fim, depositadas como precipitação ácida sob forma de neve, chuvas ou neblinas. Tanto os sulfatos quanto os nitratos podem depositar-se diretamente na superfície terrestre como depósitos secos e, posteriormente, serem dissolvidas pela umidade do ar, passada para a forma ácida aquosa. A **Figura 2** mostra a trajetória da chuva ácida.

Figura 2- Trajetória da chuva ácida



Fonte: JOESTEN, M. D., JOHNSTON, D. O., NETTERVILLE, J. T e WOOD, J. L. World of Chemistry, USA: Saunders College Publishing, 1991. (Imagem retirada do livro Química Am-

biental, 2ª edição, das autoras: Evanise Batista Frota e Nadja Maria Sales de Vasconcelos, pg.121)

Mesmo a Europa tomando medidas que resultaram no decréscimo de 30% das emissões de enxofre pelas indústrias, dados comprovam que as chuvas ácidas continuam crescendo nesse continente.

1.2.4 Impactos sociais e ambientais provenientes da chuva ácida.

Algumas atividades humanas causam a poluição atmosférica que consequentemente geram a chuva ácida, entre elas, estão a queima de combustíveis fósseis como carvão e petróleo, que produz o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio que são os principais causadores da formação da chuva ácida.

A chuva ácida pode inibir o crescimento e germinação das plantas, além de afetar a fixação do nitrogênio no solo, podendo tornar as raízes mais fracas ou o solo infértil. No ano de 1922 Knut Dahl, um biólogo norueguês, relacionou a morte das plantas e dos peixes em vários lagos da Noruega, ele observou que a acidez da água foi a responsável pela morte dos peixes, algas, plânctons e insetos, e como consequência as aves do local por falta de comida migravam para outros países.

Para os seres humanos os impactos causados pela chuva ácida são diversos e pode ser prejudicial à saúde a ingestão de alimentos e animais contaminados que tiveram contato com essa água. Ainda, segundo Jesus (2003), a chuva ácida não provoca efeitos diretos e muitas vezes ela pode passar despercebida e é por isso que é muito perigosa. As partículas ácidas podem ter um efeito cumulativo sobre o corpo humano pouco saudável e antes de alcançar os pulmões podem provocar asma, rinite e sinusite alérgica. As partículas dos ácidos sulfúrico e nítrico se acumulam nos brônquios e podem diminuir a defesa do corpo humano contra as infecções. Tal problema traz um impacto social e econômico acentuado já que com o aumento de pessoas doentes com problemas respiratórios se faz necessário mais investimentos na saúde pública da região.

1.2.5 Chuva Ácida no Brasil

O Brasil possui uma extensa área territorial com atividades industriais diversas e grandes fontes de poluição e apesar de pouco se falar sobre o fenômeno da chuva ácida porque ainda existem poucas pesquisas relacionadas ao tema algumas

contribuições são extremamente importantes para compreender como esse fenômeno atinge o país.

Em estados como Rio de Janeiro e São Paulo a acidez da chuva é proveniente de processos industriais como fundições e refinarias de petróleo e da combustão de carvão, combustíveis fósseis, gás natural, entre outros. Algumas cidades desses estados que se destacam quando o assunto é poluição atmosférica e formação de chuva ácida, as regiões com indústrias de petróleo como Cubatão, localizada no estado de São Paulo foi considerada um grande polo industrial e por muitos anos foi considerada como o “vale da morte” devido ao grande índice de poluição atmosférica, essa cidade fica localizada a 10 km do mar e encostada à Serra do Mar, apresentando uma ventilação dita imprópria devido ao paredão de 700 metros de altitude formada pela Serra do Mar. Muitas indústrias foram instaladas na região entre 1912 e 1964. Somente na década de 1960, após um aumento no número de mortalidade de crianças e idosos, além de deformações genéticas em recém nascidos causados pela grande quantidade de poluentes e partículas em suspensão no ar, foi firmado um compromisso das indústrias com o governo para instalação de equipamentos antipoluidores, com o objetivo de reduzir em 90% a poluição atmosférica até 1988.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA

A abordagem metodológica adotada neste trabalho está fundamentada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e tem como temática “Chuva Ácida”. Este trabalho tem como ideia principal expor o envolvimento humano com os problemas relacionados à ação antrópica na emissão dos compostos resultantes da queima dos derivados de petróleo, sendo este, o principal responsável pelo fenômeno da chuva ácida; que vem se tornando comum devido à gravidade de sua ação em ser altamente prejudicial à saúde, meio ambiente e conseqüentemente a economia.

Para Vieira et al (2011), os temas CTS devem, ter relevância social e ser de interesse dos estudantes. Nesse sentido, a seqüência didática (SD) proposta segue o modelo do Ciclo de Responsabilidade de Waks (1992,1996). O Ciclo de Waks se baseia em cinco critérios para ensinar questões de ética e valores que surgem na educação que o CTS está presente. Segundo Waks (1996, apud., FIRME, 2021), confrontando e refletindo sobre temas CTS de crescente complexidade, é possível observar que os estudantes podem ganhar maturidade no que diz respeito a sua responsabilidade social. As cinco fases são: 1. Compreensão de si mesmo; 2. Estudo e reflexão; 3. Tomada de decisões; 4. Ação responsável; e 5. Integração. Assim, adotaremos o Ciclo de Responsabilidade de Waks como base para propôs atividades e apontar habilidades que o estudante possa desenvolver em um processo de formação mais consciente, partindo do pressuposto que as ações mais conscientes são responsáveis pelos impactos positivos da Ciência e Tecnologia presente em nossa sociedade.

2.1 Elaboração da Sequência Didática

A SD foi desenvolvida para aplicação com 13 estudantes com faixa etária entre 16-17 anos em uma turma de 3º ano do Ensino Médio e foi constituído de cinco momentos didáticos seguindo as fases do Ciclo de Responsabilidade de Waks. O tempo estipulado para cada momento foi de 50 minutos, correspondente à 1 hora-aula.

a) Momento 1: Compreensão de si mesmo.

Inicialmente, foi apresentado o tema e duração da seqüência didática, Em seguida, os estudantes responderam oralmente um questionário que teve por objetivo

trazer informações dos seus conhecimentos de senso comum e científicos sobre a temática a ser abordada. Entende-se que haja um conhecimento científico prévio entre os estudantes referentes aos conteúdos de funções inorgânicas (ácidos e óxidos) e pH.

Para esse momento didático, foi utilizado a fase 1, compreensão de si mesmo, incluso no Ciclo de responsabilidade de Waks, no qual o estudante precisa refletir e ter consciência de seu papel como indivíduo na sociedade devendo ser avaliado como ser único e que são passivos de sofrerem as consequências de suas ações, que por sua vez, podem repercutir nos outros. O objetivo principal deste momento é contribuir para que o estudante compreenda suas responsabilidades, em sua qualidade de cidadão, além disso, podemos avaliar o nível de conhecimento prévio e científico que ele tem acerca do tema “Chuva Ácida em que impacta nossa sociedade?”.

Usamos como estratégia uma roda de conversa na qual foram debatidas as concepções prévias e científicas relacionada ao tema: “Chuva Ácida em que impacta nossa sociedade?”. Para este momento, os estudantes formaram um grande círculo em sala de aula, e a partir do tema o professor resgatou os conhecimentos científicos relacionados a conteúdos da disciplina de Química como as funções inorgânicas: ácidos e óxidos e o estudo do pH.

O tema da roda de conversa foi relacionado ao questionário representado no quadro 1.

Quadro 1: Questionário para análise das concepções científicas e de senso comum dos estudantes.

Questionário

1. O que você entende por chuva ácida?
2. Na sua concepção o que seriam substâncias ácidas?
3. Sabendo que os óxidos são os principais responsáveis pelo aumento da acidez na chuva, Como você definiria óxidos?
4. Como se forma a chuva ácida?
5. Como o pH está relacionado ao fenômeno da chuva ácida?
6. Quais fatores são responsáveis pela diminuição do pH da água da chuva?
7. Qual alternativa você utilizaria para combater o fenômeno da chuva ácida?
8. Você já ouviu falar sobre chuva ácida? Se sim, onde você ouviu falar?

Fonte: Autora (2022)

O questionário proposto teve a finalidade de avaliar melhor o conhecimento de senso comum e científico dos estudantes, além de incentivá-los a debaterem e discutirem, em sala de aula juntamente com o professor, estabelecendo assim um posicionamento positivo para tomadas de decisões e de ação social. Foi utilizado para coleta de dados um gravador de voz.

b) Momento 2: Estudo e Reflexão.

No momento 2, foi trabalhado o estudo e reflexão acerca da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade. Para este critério 2 do Ciclo de Waks, os estudantes precisaram tomar conhecimento sobre Ciência, Tecnologia e seus impactos na Sociedade. O objetivo principal deste momento foi que o estudante compreendesse como o desenvolvimento científico e tecnológico promovem, para nossa sociedade, efeitos positivos para algumas pessoas, assim como, efeitos negativos para outras.

Utilizamos como estratégia o conteúdo audiovisual. Tendo em vista, a necessidade de inserirmos os estudantes em um mundo mais tecnológico, o recurso audiovisual promove uma maior facilidade na construção do conhecimento científico, pois desenvolve no estudante uma melhor percepção do seu exterior. Vale ressaltar, que as tecnologias estão em todos os lugares e que estamos vivendo a chamada “Era da tecnologia”, na qual as crianças já entram em contato com recursos tecnológicos antes mesmo de chegar à escola. A utilização desses recursos proporciona uma aula mais interessante e rica em conteúdo. Para esse momento, os estudantes assistiram o vídeo, “ (Anos 80) Vila Parisi Cubatão: O vale da morte,” disponível no YouTube, com duração de 9 minutos e 14 segundos. Após a apresentação do vídeo, os estudantes foram separados em dois grupos, cada grupo realizou uma pesquisa utilizando o próprio celular com acesso à internet, de como a cidade de Cubatão- SP está atualmente. Após a pesquisa, o grupo 1 elaborou três questões ambientais relacionadas a como o avanço industrial prejudicou a cidade e quais métodos o governo municipal utilizou para salvar a cidade e moradores. E o grupo 2, elaborou 3 questões sociais relacionadas ao avanço industrial na cidade e como o governo municipal está ligada a esse desenvolvimento. Conseguimos levantando essa questão que os estudantes refletissem sobre os conceitos científicos relacionados com a poluição, bem como terem compreendido que os impactos ambientais são um proble-

ma social. Para este momento, foi utilizado para coletas de dados um gravador de voz e as questões criadas pelo grupo.

c) Momento 3: Tomada de Decisões.

Neste momento, o critério trabalhado foi o 3 - Tomada de decisões, no qual se faz necessário direcionar os estudantes para a solução de problemas e tomada de decisões ressaltando que apenas tomar decisões não é o objetivo desse critério, é preciso que o estudante esteja apto a defendê-las, julgando o caminho mais adequado para ser seguido.

Levando em consideração esse objetivo, a atividade proposta neste momento foi um Júri-simulado com intuito de coleta de dados acerca do tema: “Consequências da chuva ácida”. Segundo, Oliveira e Chacon (2022), uma das maneiras para promover situações nas quais o estudante tenha contato com “problemas reais” e “Aplicação da Ciência e Tecnologia, é a utilização de simulações educacionais, como um júri-simulado, pois a partir de atividades como estas o estudante podem construir significados acerca do tema ao mesmo tempo que tentam resolver os problemas relacionados. O objetivo é despertar o interesse dos estudantes acerca de temas polêmicos e da disciplina, além de diminuir o distanciamento entre professor e estudante. Inicialmente resgatamos os grupos formados no momento 2 e a partir de um sorteio foi definido o grupo de defesa e o grupo de acusação. Após essa definição, os grupos leram o texto proposto “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb”. Disponível na Sanágua Análises químicas e ambientais. (Fonte: www.sanagua.com.br/noticias), conforme o quadro 2.

O texto proposto, foi publicado pela Sanágua análises químicas e ambientais, e traz um alerta para a poluição e risco de chuva ácida causada pela emissão de Dióxido de enxofre (SO_2) na atmosfera advinda de uma fábrica de fertilizantes. Sabe-se que o SO_2 é o maior responsável pela acidez da água da chuva devido sua solubilidade em água. Por se dissolver facilmente nas gotículas de água e na presença de um catalisador é oxidado a ácido sulfuroso (H_2SO_3), formando por fim, o ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Quadro 2: Leitura individual do texto: “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb”. Disponível na Sanágua Análises químicas e ambientais.

Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb

Sanágua Análises químicas e ambientais

Fonte:

www.sanagua.com.br/noticias

Quinta, 05 de março de 2015 às 15h38



A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) identificou emissão de dióxido de enxofre (SO_2) na atmosfera em Cubatão, após vazamento na fábrica de fertilizantes Anglo American (antiga Coperbrás) no Polo Industrial. Segundo o órgão, com isso e com a umidade existente, devido às fortes chuvas, além de outros compostos na atmosfera, é possível uma formação de vapor d'água e gotículas de ácido sulfúrico ou sulfuroso, conhecida popularmente como chuva ácida.

Nesta terça-feira (27), a prefeita de Cubatão, Marcia Rosa (PT), postou, em seu perfil no Twitter, um alerta de que o vazamento da última sexta (23), poderia causar a chuva ácida. "Enviei documento ao Polo sobre o vazamento do SO_2 . Esse gás em contato com a água produz ácido sulfúrico, que pode provocar chuva ácida", escreveu a chefe do Executivo.

Em nota, a Cetesb informa que tal situação só aconteceu no período em que houve corrente dos gases na atmosfera.

No jardim da agência ambiental, ainda segundo o órgão, algumas espécies de vegetação ficaram com as folhas queimadas. "Outro indicativo foi atestado pela estação medidora de qualidade do ar, localizada no Centro da cidade, que indicou valores de SO_2 com picos no horário do acidente.

Portanto, concluímos, que no período do vazamento tivemos influência dos gases, com teor altíssimo de SO₂ e os demais gases existentes na atmosfera, entretanto, fora deste intervalo de tempo é remoto o risco de chuva ácida".

Com relação a uma coleta de amostra da próxima chuva em Cubatão, a Cetesb afirma que não existe programação, uma vez que "Só seria possível (colher a amostra) no momento ou enquanto a corrente gasosa, rica com os compostos sulfurosos, estivessem na atmosfera."

Fonte: www.sanagua.com.br/noticias

Com base no texto proposto e nas questões criadas no momento 2, os grupos argumentaram sobre as questões criadas no momento anterior. O grupo de defesa trouxeram motivos para salvar a cidade de Cubatão do risco de chuva ácida e defender qual melhor caminho que deve ser seguido para salvar o meio ambiente, a cidade e os moradores da região. Já o grupo de acusação traz motivos para defender o meio ambiente sem que prejudique o desenvolvimento industrial da cidade. Durante a argumentação dos grupos o professor atuou como animador e organizador, solicitando mais elaboração nos argumentos e proporcionando aos estudantes uma reflexão sobre as implicações ditas. Para este momento, foi utilizado para coleta de dados um gravador de voz.

d) Momento 4: Ação Responsável.

O critério trabalhado nesse momento foi o 4 - Ação responsável, no qual o estudante será direcionado a desenvolver e tomar decisões de ação individual e social. Aqui o estudante se utilizou do conhecimento científico e tecnológico para buscar as soluções necessárias a um problema estudado.

A atividade proposta para esse momento foi a realização de um experimento de baixo custo, e para coleta de dados a resolução de uma situação-problema (quadro 3).

Quadro 3: Critério Tomada de decisão : Situação-Problema 1**SITUAÇÃO-PROBLEMA 1**

Utilizando o texto base e seus conhecimentos científicos sobre o tema, suponha que você é um engenheiro(a) ambiental responsável por investigar e trazer soluções para cidade de Cubatão. Para que não se faça necessário o fechamento das fábricas, grandes responsáveis pela movimentação econômica da cidade, quais medidas viáveis você tomaria para que houvesse a diminuição dos gases poluentes jogados na atmosfera ocasionado por essas fábricas?

Fonte: Autora (2022)

Nesse contexto, o papel da experimentação nesta atividade vem como uma estratégia, oferecendo aos estudantes problemas reais para que eles possam construir explicações satisfatórias. Dessa forma estimulando questionamentos e soluções. Chassot et al (1993), defendem o desenvolvimento de uma Química em que a experimentação seja uma forma de adquirir dados da realidade, sendo esses de suma importância para uma reflexão crítica sobre o mundo. Já a situação-problema. Traz a oportunidade do estudante solucionar a questão sem que aja necessariamente uma resposta correta.

Para essa atividade a turma foi dividida em grupo de 3 ou 4 estudantes para a realização do experimento. O experimento pode ser realizado no laboratório de Química, caso a escola possua, ou na própria sala de aula, e consiste na simulação dos efeitos da chuva ácida no meio ambiente. O estudante viveu na prática como ocorre essa degradação e teve consciência de sua participação na emissão de gases poluentes na atmosfera. Cada grupo recebeu materiais e reagentes junto a um roteiro experimental (**quadro 4**) explicando como deveria ser feito cada etapa do experimento. Após sua realização os grupos redigiram um relatório simples, escrito à mão, discutindo e mostrando os resultados do experimento.

Quadro 4: Roteiro Experimental disponibilizado aos estudantes do momento 4: Experimento Chuva ácida Caseira

.ROTEIRO EXPERIMENTAL

Experimento: Chuva Ácida caseira.

Materiais e Reagentes:

- 1 pote de vidro com tampa (pote de maionese)
- Enxofre em pó (meia tampinha de garrafa PET)
- 2 rosas (Vermelha)
- 1 colher de chá
- 2 pedaços de fio de cobre
- 1 caixa de fósforos
- 1 vela
- Água
- Fita isolante

Procedimentos experimentais:

1. Furar dois buracos na tampa do pote.
2. Colocar uma ponta do fio de cobre em cada buraco da tampa do pote.
3. Dobrar a colher como a letra “C” e coloca-la por dentro da tampa, amarrar bem o cabo com os fios.
4. Adicionar 3 dedos de água no pote de vidro.
5. Colocar a rosa dentro do pote.
6. Colocar o enxofre na colher.
7. Colocar a colher no fogo da vela.
8. Quando começar a sair uma fumaça, pare de queimar o pó de enxofre e tampe rapidamente o pote de vidro.
9. Observar o que acontece com a flor no decorrer do tempo.
10. Abrir o pote em um local arejado para não respirar os gases formados.

Cada grupo também precisou resolver uma situação-problema proposta, que teve como base o texto proposto no momento 3 “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb.” O estudante respondeu à situação-problema utilizando de sua responsabilidade social, vale ressaltar, que não existiu uma resposta correta para essa situação.

Para este momento, foi utilizado para coleta de dados a elaboração de um relatório simples, escrito à mão, pelos participantes do grupo e as respostas referentes à situação-problema proposta.

e) Momento 5: Integração.

O critério utilizado nesse momento foi o 5 - Integração, no qual os estudantes foram submetidos a trazer considerações mais amplas acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade. Para este momento, os estudantes individualmente tiveram que utilizar os conhecimentos adquiridos nos momentos anteriores para solucionar a situação-problema proposta. Dessa forma, abrimos oportunidades para que o estudante tenha consciência de suas decisões e explicita sua forma de pensar sem medo de errar. A estratégia inicial para esse momento foi a leitura individual do texto “Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoeletrica” (**quadro 5**) disponível na Rede Brasil Atual RBA (www.redebrasilatual.com.br). O objetivo do texto foi mostrar ao estudante que embora atualmente não existam registros específicos de degradações causadas pela chuva ácida, esta, ainda é um problema que precisa ser solucionado.

Quadro 5: Leitura individual do texto “Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoeletrica” disponível na Rede Brasil Atual RBA.

Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoeletrica

Em licenciamento na Cetesb, usina prevista para o município vai produzir chuva ácida, que afeta as plantações. E deverá elevar a temperatura do mar, levando à morte de peixes e algas.

Publica-

do **03/09/2017 - 12h45**

As hortaliças produzidas em Peruíbe atendem 30% da merenda escolar do município, além da venda em feiras e restaurantes.

São Paulo – Os agricultores e pescadores de Peruíbe, no litoral sul paulista,



estão preocupados com o possível licenciamento, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) da usina termelétrica de propriedade da [Gastrading](#) prevista para o município. Eles temem os efeitos das substâncias tóxicas que serão lançadas na atmosfera, causando chuva ácida, e o aumento da temperatura marinha na região. O agricultor e presidente do Conselho de Desenvolvimento de Agricultura e Pesca de Peruíbe, Laerte Melo, não tem dúvidas de que o funcionamento da usina vai afetar a produção agrícola. “A base da agricultura é a água. Uma água ácida, com componentes tóxicos, não vai se traduzir em benefícios nem para a planta e nem para quem se alimentar dela”, diz o produtor, que tem uma pequena propriedade na qual trabalha com seus familiares. Ironicamente, ele havia ido à Assembleia Legislativa paulista encaminhar a parlamentares um projeto para aumentar a produção de hortaliças, na última quarta-feira (30), data em que foi realizada audiência pública para discutir os efeitos da usina.

Embora o [Relatório de Impacto Ambiental](#) (Rima) apresentado pelos donos do empreendimento não fale em efeitos das substâncias tóxicas sobre os ecossistemas, a engenheira química e professora dos cursos de Engenharia Florestal e Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Sonia Corina Hess, faz o alerta. “É amplamente descrito na literatura

científica que, na atmosfera, os óxidos de nitrogênio (NOx) e de enxofre (SOx) são convertidos em ácido nítrico (HNO₃) e ácido sulfúrico (H₂SO₄), respectivamente, que são os principais ácidos que compõem as precipitações ácidas (chuva ácida)”, explica a professora.

De acordo com ela, que é autora de um parecer solicitado pelo Ministério Público do Estado de São Paulo, as precipitações ácidas – chuva, névoa e neve, entre outras – causam danos severos aos ecossistemas naturais e agrícolas. Entre eles, a perda da fertilidade e desestruturação do solo devido à lixiviação de matéria orgânica, cálcio e magnésio; o aumento da concentração no solo de alumínio, que é tóxico; a corrosão de folhas, caule e raízes superficiais das plantas, diminuindo a resistência a doenças, além da perda da fertilidade, da capacidade de crescimento e, até, a morte. Esses impactos à vegetação podem ainda levar à extinção de espécies vegetais e também animais.

Fonte: www.redebrasilatual.com.br

Após a leitura do texto proposto e utilizando os conhecimentos adquiridos nos momentos anteriores, os estudantes responderam a situação-problema (Quadro 6) proposta que traz um contexto mais atual sobre os problemas relacionados à chuva ácida.

Quadro 6: Critério Integração: Situação-problema 2.

Situação Problema 2

Ana é estudante do 3º ano do ensino médio e mora com seus pais em um sítio na cidade de Petrolina no interior do estado de Pernambuco, região essa que é destaque na produção de frutas como uva, manga, banana, melancia e goiaba. No sítio que Ana mora, seus pais sobrevivem da exportação de melancias mas, recentemente, foi instalada uma usina termelétrica na região e Ana começou a perceber que as folhas das melancias estavam furadas e que algumas plantas estavam sem raízes e fracas, logo, ela lembrou da aula sobre pH que teve na escola e sobre o fenômeno de chuva ácida que

o professor tinha falado, Ana então começou a pensar soluções para ajudar seus pais a não perderem toda produção de melancias. Como você poderia ajudar Ana nesse problema? Quais métodos Ana poderia utilizar para corrigir o pH do solo e proteger as folhas da chuva ácida na região? Sobre a usina Termoelétrica que ações poderiam ser tomadas para evitar a liberação de gases tóxicos para o meio ambiente?

Fonte: Autora (2022)

Neste critério, esperamos que o estudante possa utilizar de todo conhecimento adquirido nos momentos anteriores para que aprenda suas próprias lições como agentes ativos. Para análise dos resultados, foram utilizadas as respostas dos estudantes a situação-problema proposta, nesta, esperamos que os estudantes utilizassem de suas responsabilidades sociais e éticas para solucionar o problema apresentado. Assim, avaliaremos se os estudantes ao final da SD desenvolveram sensibilização ambiental quanto aos impactos ambientais relacionados à chuva ácida.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

A sequência didática apresentada teve como tema “Chuva Ácida em que impacta nossa sociedade?” e foi elaborada para ser trabalhada com a turma de terceiro ano do ensino médio. Ainda buscou-se apresentar a relação entre a temática com os conceitos químicos como: pH e as funções inorgânicas Ácidos e Óxidos. As atividades propostas nessa SD forma planejadas para serem desenvolvidas em quatro aulas com duração de 50 minutos cada.

3.1.1 Análise do Momento 1

No primeiro momento, foi aplicado um questionário com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio e científico dos estudantes. Inicialmente, formou-se um grande círculo na sala, no qual os estudantes foram dispostos. O objetivo do círculo foi romper as fileiras que são tradicionais em sala de aula impedindo que eles fiquem invisíveis, além de facilitar a troca de conhecimentos entre professor e estudantes. Para esse momento, foi utilizado para coleta de dados um gravador de voz, os estudantes expuseram seus conhecimentos e opiniões em relação a cada pergunta formulada no questionário. Para discussão desse critério foram selecionadas algumas respostas representativas dos estudantes e dispostas em quadros vistas no decorrer deste trabalho.

O questionário proposto buscou avaliar melhor o conhecimento científico com o conhecimento de senso comum em relação ao tema chuva ácida. Foi esperado que houvesse, entre os estudantes, o conhecimento científico, estudados previamente nos conteúdos obrigatórios da disciplina de Química, como as funções inorgânicas (ácidos e óxidos) e pH, que já tinham sido abordados pelo professor em sala de aula. Tradicionalmente os conteúdos de Química são expostos em livros didáticos sem uma ligação com a realidade dos estudantes. Nesse sentido, Pozo e Crespo (2009) destacam que os estudantes apresentam desinteresse e resistência ao estudo de ciências, consideram a aprendizagem como algo complexo e por isso não obtém êxito.

As questões 1 e 2 (Quadro 7), buscaram compreender o que os estudantes entendiam por chuva ácida e o que seriam as substâncias ácidas segundo suas

concepções. O Quadro 7 traz algumas respostas dadas por estes durante o momento, alguns estudantes buscaram, mesmo sem entender associar o conceito científico ligado a chuva ácida com o conhecimento de senso comum, Por meio dessas questões percebe-se que a utilização do senso comum pelos estudantes é considerável. O senso comum mostra como a maioria das pessoas pensam e esse conhecimento passam de geração em geração, pelas vivências e observações de mundo. Essa questão é relevante e mostra a importância da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) para a compreensão da Ciência e Tecnologia e suas implicações com temas sociais e ambientais. Ainda é possível perceber que os estudantes não trazem uma definição científica relacionada ao tema, mas sim, uma definição relacionada ao seu contexto. Segundo, Binsfeld e Auth (2011), os conteúdos abordados e o contexto dos estudantes tendem a dificultar a significação do conhecimento. O buscar relacionar conteúdo obrigatório a situações reais proporciona uma maior eficácia no processo de ensino-aprendizagem. Para Ausubel, a aprendizagem é mais significativa quando os estudantes fazem uso do conhecimento inicial para interpretar e atribuir significado às novas informações.

Quadro 7. Respostas de estudantes a questão 1 e 2 do questionário proposto.

Questão 1: O que você entende por chuva ácida?	Questão 2: Na sua concepção o que seriam substâncias ácidas?
<p>E1: “É quando a chuva é considerada corrosiva e pode danificar estruturas”.</p> <p>E4: “É quando se tem baixo índice de pH”.</p> <p>E10: “A chuva ácida traz bastante desgaste para humanidade”.</p> <p>E12: “É quando ocorre o processo que diminui o índice de pH.”</p>	<p>E3: “Eu entendo que a gente usa o ácido geralmente em nosso dia a dia como nas frutas cítricas ou até mesmo no refrigerante que consumimos”.</p> <p>E5: “Substâncias ácidas são quando o índice de pH está abaixo de 7”.</p> <p>E10: “Uma substância ácida tem como característica o sabor azedo e algumas podem ser corrosivos.”</p> <p>E11: “É algo que corrói”.</p>

Fonte: Autora (2022)

As questões 3 e 4 (Quadro 8), buscou dos estudantes seu entendimento em relação a formação da chuva ácida e a definição de óxidos sabendo que estes dão os responsáveis pelo aumento da acidez da chuva. O Quadro 8 traz algumas respostas destes, percebemos que alguns estudantes associaram o fenômeno da chuva ácida com a liberação de gases das indústrias, como se as indústrias fossem as únicas responsáveis pela liberação de gases poluentes na atmosfera. ainda nessa questão eles trouxeram o CO₂ como o gás responsável pela formação da chuva de caráter ácido, foi perceptível que nenhum dos estudantes presentes conseguiram expressar satisfatoriamente como a chuva ácida se forma. Em relação à definição de óxidos dos 13 estudantes que participaram da pesquisa, apenas 3 estudantes responderam, no entanto, a maioria dos estudantes não conseguiu definir óxidos segundo sua concepção talvez por não conseguirem compará-los a substâncias presentes em seu cotidiano.

Quadro 8. Respostas de estudantes a questão 3 e 4 do questionário proposto.

Questão 3. Sabendo que os óxidos são os principais responsáveis pelo aumento da acidez da chuva, como você definiria óxidos?	Questão 4. Como se forma a chuva ácida?
<p>E1: "Óxido é quando o composto tem em sua composição obrigatoriamente o oxigênio."</p> <p>E5: "É uma substância que forma ácido."</p> <p>E7: "Concordo com o E1, o composto precisa ter oxigênio em sua composição."</p>	<p>E3: "É formada pela liberação de óxidos na atmosfera aí quando se tem a formação da chuva é liberada em forma ácida."</p> <p>E12: "A chuva ácida deriva da liberação do CO₂ das indústrias na atmosfera."</p> <p>E5: "É formada pela liberação do ácido das indústrias."</p>

	<p>E6: “Acredito que é formada a partir da liberação do CO₂ e com o ar poluente que as indústrias liberam na atmosfera”</p> <p>E13: “ É um fenômeno atmosférico que acontece quando as indústrias liberam grande quantidade de enxofre.”</p>
--	---

Fonte: Autora (2022)

As questões 5 e 6 (Quadro 9), trazem a relação do pH com o fenômeno da chuva ácida e buscam promover a reflexão dos estudantes no sentido de compreender como o pH está relacionado com a chuva ácida e quais fatores são os responsáveis pela diminuição desse pH, respectivamente.

O Quadro 9 apresenta algumas respostas dos estudantes, em relação a pergunta 5 as respostas podem ser consideradas satisfatórias em relação ao entendimento da escala de pH. Conforme Jesus (1996, p.144), “[...] a chuva ácida corresponde aquela em que o pH se apresenta inferior a 5,6, sendo seu caráter ácido associado à poluição do ar.” Quando foi perguntado aos estudantes quais fatores são responsáveis pela diminuição desse pH, as respostas foram as mesmas, todos os estudantes relacionam o fenômeno da chuva ácida às indústrias e apenas um estudante, identificado como E7, citou como fator a ação antrópica. É sabido que as indústrias são as grandes responsáveis pela poluição atmosférica fator principal da diminuição do pH da chuva, mas não são as únicas responsáveis. Fica comprovada a necessidade de uma ACT, uma vez que muitas das respostas são baseadas em seu senso comum, muitas vezes usando conceitos errôneos ou diferentes de uma visão científica.

Quadro 9. Respostas de estudantes a questão 5 e 6 do questionário proposto.

Questão 5. Como o pH está relacionado ao fenômeno da chuva ácida?	Questão 6: Quais fatores são responsáveis pela diminuição do pH da água da chuva?
<p>E1: “O pH está ligado diretamente ao fenômeno da chuva ácida porque o pH é onde é mostrado o índice de acidez e basicidade. Então quanto mais baixo o pH mais ácido é a substância.”</p> <p>E2: “Quanto mais próximo do zero mais forte é o ácido e quanto mais próximo dos 7 mais fraco é o ácido.”</p>	<p>E3: “As indústrias”</p> <p>E5: “Os carros e Indústrias”</p> <p>E7: “ A ação humana.”</p>

Fonte: Autora (2022)

As perguntas 7 e 8 (Quadro 10), buscam compreender dos estudantes quais alternativas utilizariam para combater a chuva ácida bem como conhecer quais locais já ouviram falar sobre este fenômeno, respectivamente. Em relação à pergunta sobre as alternativas que seriam utilizadas para o combate da chuva ácida, a maioria dos estudantes disse que a diminuição da quantidade de indústrias seria fundamental para combater a formação de chuva ácida. Outros estudantes colocaram que buscariam políticas públicas que pudessem proteger o meio ambiente diminuindo a poluição que é uma ação antrópica, mas, apenas buscar políticas públicas e reduzir não são suficientes. Para Capra (1996), é preciso formar para a cidadania, visando à sensibilização e à conscientização ambiental. Quando perguntados onde ouviram falar sobre o fenômeno da chuva ácida, em unanimidade, foi respondido que a escola foi o primeiro contato com o fenômeno da chuva ácida, na disciplina de Geografia, quando estudadas as interferências antrópicas no clima e, na Química, quando estudadas as funções inorgânicas ácidos e óxidos. O estudo deste fenômeno por duas disciplinas distintas traz a importância da interdisciplinaridade no processo de ensino

aprendizagem mostrando que temas transversais como, chuva ácida, podem ser abordados em duas disciplinas simultaneamente.

Quadro 10. Respostas de estudantes a questão 7 e 8 do questionário proposto.

Questão 7. Quais alternativas você utilizaria para combater o fenômeno da chuva ácida?	Questão 8. Você já ouviu falar em chuva ácida? Se sim, onde?
<p>E1: “Já que as indústrias são as principais responsáveis, eu diminuiria a quantidade de indústrias elétricas, utilizando como forma de energia a eólica e solar, onde não há liberação de gases poluentes.”</p> <p>E2: “Diminuiria a poluição, cuidando melhor do meio ambiente.”</p> <p>E5: “Com políticas que mexessem nas indústrias para que não liberassem gases poluentes.”</p> <p>E11: “Mudaria os combustíveis dos carros por um que não fosse feito de combustível fóssil.”</p>	<p>Todos os estudantes responderam que já ouviram falar sobre chuva ácida na escola.</p>

Fonte: Autora (2022)

A nossa análise relacionada ao critério de compreensão de si mesmo, trabalhado nesse primeiro momento foi voltada as questões do questionário que buscou dos estudantes uma reflexão sobre sua autocompreensão diante dos conteúdos

obrigatórios trabalhados previamente pelo professor em sala de aula, bem como o tema proposto neste trabalho e como atuariam diante dos problemas expostos, o objetivo foi induzir os estudantes a compreender situações que envolvam questões sociais e ambientais, fazendo com que haja consciência e reflexão sobre seus atos perante a sociedade, por exemplo, a questão 7 (Quadro 10), buscou entender quais alternativas o estudante utilizaria para combater a chuva ácida. As respostas foram satisfatórias em relação ao critério proposto, tendo em vista, que diante das respostas obtidas os estudantes se apresentaram como cidadãos responsáveis e conscientes de seus valores. Essa questão fez com que desenvolvesse nos estudantes a compreensão de si como membros de uma sociedade que buscaram trazer, como por exemplo, soluções para o combate do fenômeno da chuva ácida em uma determinada região.

3.1.2 Análise do Momento 2

No segundo momento, utilizou-se o recurso audiovisual, que pode ser vista como uma ótima ferramenta para promover o aprendizado contribuindo positivamente para o desenvolvimento intelectual dos estudantes, além da compreensão e assimilação dos conteúdos abordados promovendo uma aproximação de sua realidade. Os estudantes individualmente foram direcionados a utilizar seus aparelhos celulares para assistirem um documentário no YouTube “(Anos 80) Vila Parasi Cubatão: O vale da morte,” com duração de 9 minutos e 14 segundos. O vídeo mostra a cidade de Cubatão nos anos 1980, bem como as consequências da poluição atmosférica na época para a população, vegetação e animais.

Assistir o documentário permitiu aos estudantes uma visão real da proporção que é o fenômeno da chuva ácida, bem como suas consequências para humanidade. Após assistirem o documentário, os estudantes foram separados em dois grupos para elaboração da atividade relacionada ao critério estudo e reflexão a cerca da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade. A atividade consistiu na pesquisa utilizando o próprio aparelho celular com acesso a internet de como se encontrava a cidade de Cubatão atualmente. Após a pesquisa os grupos elaboraram três questões ambientais que relacionassem a cidade de Cubatão ao avanço tecnológico e o desenvolvimento econômico. As questões produzidas neste momento pelos grupos foram utilizadas posteriormente no momento 3.

O grupo 1 (Quadro 11), composto por sete estudantes, elaborou afirmações relacionadas a como o avanço industrial prejudicou a cidade.

Quadro 11. Questões ambientais relacionadas a como o avanço industrial prejudicou a cidade de Cubatão.

1. Cubatão perdeu o posto de Cidade mais poluída do mundo, mas reforça-se o perigo na população, pois necessita de uma supervisão constante.
2. A poluição era visível por toda a cidade fazendo com que Cubatão ficasse conhecida como “Vale da Morte” prejudicando a economia da região, superlotando postos médicos devido a problemas de saúde que os moradores apresentavam.
3. Devido a poluição atmosférica a vegetação da região foi afetada, as folhas mudavam de cor e os animais passaram a perder seu hábitat.

Fonte: Autora (2022)

O grupo 2 (Quadro 12), composto por 6 estudantes, ficou responsável por trazer afirmações relacionadas a como o governo municipal esta ligado ao desenvolvimento da cidade.

Quadro 12. Avanço industrial e governo municipal no desenvolvimento da cidade de Cubatão.

1. O polo industrial de Cubatão reúne empresas de cinco grandes setores: petroquímica, siderurgia, químicos, fertilizante e logística. Além da produção de energia e da prestação de serviços.
2. Muitos dos produtos que abastecem o mercado brasileiro são 100% produzidos em Cubatão.
3. Em 2017, O número de empregos fixou em 13.362 e o total produzido chegou a quase 20 mil toneladas de produtos produzidos na cidade.

Fonte: Autora (2022)

O objetivo principal deste momento foi que os estudantes entendessem os efeitos positivos e negativos do desenvolvimento científico e tecnológico para nossa sociedade. Tal objetivo foi alcançado quando, a partir da utilização do celular como fonte de pesquisa os estudantes conseguiram trazer questões ambientais importantes sobre a cidade de Cubatão. O uso da tecnologia nas escolas permite uma nova maneira de busca do conhecimento. Segundo Bennardo (1974, p. 12) Tecnologia é “a aplicação sistemática de conhecimento científico ou de outro tipo de conhecimento organizado em tarefas práticas.” Mas é preciso que a escola seja inserida a numa

nova era da tecnologia do ensino, buscando a formação de pessoas ativas e capazes de utilizar as informações para construir seus próprios conhecimentos se fazendo necessário influenciar o professor a repensar o seu papel como educador, pois a forma de ensino tradicional, no qual professor ensina e aluno aprende, está no passado, é preciso que hoje o professor e aluno caminhem juntos para que aprendam e discutam várias situações.

A realização da pesquisa imposta no critério estudo e reflexão presente na atividade do momento 2, proporcionou aos estudantes a utilização da Tecnologia, sendo o celular com acesso a internet o recurso tecnológico disponível como uma ferramenta de pesquisa, fortalecendo conhecimento sobre Ciência, a partir da elaboração das afirmações voltadas ao desenvolvimento econômico e meio ambiente. A elaboração das afirmações foi realizada a partir de uma pesquisa sobre como se encontra a cidade de Cubatão-SP atualmente, proporcionando aos estudantes uma reflexão quando comparadas a cidade atualmente (2022) e a cidade nos anos 1980. As afirmações selecionadas tiveram o objetivo proporcionar uma reflexão em relação a importância de se tomar uma decisão, mas que todas decisões provocam impactos positivos e negativos na sociedade. Enquanto a pesquisa, os estudantes puderam perceber que a falta de informação e da tecnologia presentes nos anos 1980 são fatores que levaram a população da cidade de Cubatão-SP a desinformação, tendo em vista que na época não se tinha o acesso a informações instantâneas como ocorre atualmente. Esse fato fez com que os estudantes refletissem sobre a importância da tecnologia para a sociedade como uma ferramenta de desenvolvimento científico e tecnológico.

3.1.3 Análise do Momento 3

No terceiro momento trabalhamos com os estudantes o critério de tomada de decisões. Neste, os estudantes foram submetidos a confrontar as informações e alternativas para encontrar o melhor caminho, assumir uma posição e tomar a melhor decisão possível para resolução de problemas.

Os estudantes foram submetidos à leitura individual do texto “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb” publicado em 05 de março de 2015 pela Sanágua análises químicas e ambientais. O objetivo da leitura do texto foi orientar os estudantes para o júri-simulado atividade proposta nesse momento. Para

coleta de dados, utilizou-se um gravador de voz. Para início da atividade definiu-se o grupo de acusação que foi responsável por trazer motivos para proteção do meio ambiente da cidade de Cubatão sem prejudicar seu desenvolvimento econômico e o grupo de defesa foi responsável por decidir qual melhor caminho para salvar o meio ambiente, a cidade e seus moradores do risco de chuva ácida proveniente das indústrias. Neste momento foram trabalhadas 3 das afirmações (quadro 13) produzidas pelos grupos no momento anterior, utilizadas para guiar o júri-simulado.

Quadro 13: Afirmações trabalhadas no Júri-simulado

1. Cubatão perdeu o posto de Cidade mais poluída do mundo, mas reforça-se o perigo na população, pois necessita de uma supervisão constante
2. A poluição era visível por toda a cidade fazendo com que Cubatão ficasse conhecida como “Vale da Morte” prejudicando a economia da região, superlotando postos médicos devido a problemas de saúde que os moradores apresentavam.
3. Em 2017, O número de empregos fixou em 13.362 e o total produzido chegou a quase 20 mil toneladas de produtos produzidos na cidade.

Fonte: Autora (2022)

A exposição dos argumentos de alguns estudantes, por meio das afirmações trabalhadas, foi dividida em duas partes, a parte 1 refere-se ao grupo de acusação e a parte 2 ao grupo de defesa. O professor teve papel orientador durante o júri-simulado.

O debate iniciou com os argumentos do grupo de acusação e a primeira afirmação trabalhada foi: “Cubatão perdeu o posto de Cidade mais poluída do mundo, mas reforça-se o perigo para população, pois necessita de supervisão constante.”

O Quadro 14 traz a discussão entre os estudantes referente a afirmação 1 do júri-simulado. O critério tomado de decisão foi alcançado quando, a partir da informação fornecida pela afirmação, os estudantes iniciaram uma discussão, confrontaram as informações, e a partir daí puderam tomar suas próprias decisões, escolhendo o melhor caminho para resolução de um problema. O grupo de acusação responsável por buscar soluções para preservação do meio ambiente sem prejudicar o desenvolvimento econômico, trouxe para discussão questões importantes. O E1 (Estudante 1) enfatiza que as indústrias não são as únicas responsáveis pela poluição atmosférica, mostrando compreensão do conteúdo científico relacionado ao te-

ma e das consequências das ações antrópicas. Em contra partida, o E8 (Estudante 8), do grupo de defesa, responsável por decidir o melhor caminho para preservar o meio ambiente, concorda com o E1 em relação ao assunto,.

Quadro 14: Júri-simulado- Debate questão 1: “Cubatão perdeu o posto de Cidade mais poluída do mundo, mas reforça-se o perigo para população, pois necessita de supervisão constante.”

ACUSAÇÃO	DEFESA
E1: “Cubatão tornou-se uma cidade “limpa” sem que a economia fosse mexida, as indústrias continuaram lá, rendendo empregos e movimentação para a cidade.”	E7: “Mesmo assim, a cidade precisa ser monitorada constantemente, pois corre grande risco de se tornar o “vale da morte” devido a ignorância humana e a fome por dinheiro.”
E4: “O dinheiro é o que movimenta a cidade, as indústrias foram responsabilizadas e pagaram por isso e ajudaram a cidade ser reconhecida como a mais limpa pela ONU.”	
Prof^a: “Vocês acham que as indústrias foram sozinhas responsáveis pela poluição da cidade?”	
E1: “Não, as indústrias podem ser consideradas as maiores poluidoras mas as pessoas também são responsáveis pela poluição.”	E8: “Concordo com E1, mas a questão que estamos discutindo aqui é sobre a maior responsável e são as indústrias com certeza.”

Fonte: Autora (2022)

O Quadro 15 mostra a discussão entre os estudantes relacionado a segunda afirmação “A poluição era visível por toda a cidade fazendo com que Cubatão ficasse conhecida como Vale da Morte prejudicando a economia da região, superlotando os postos médicos devido aos problemas de saúde que os moradores apresentavam.” A discussão foi iniciada pelo grupo de defesa e como proposto pelo critério de tomada de decisões os estudantes mantiveram seus posicionamentos e suas responsabilidades diante da escolha da melhor alternativa para solução de um problema. O E10 (estudante 10) traz, de início, um problema de saúde pública e relaciona a superlotação dos postos médicos da cidade ao problema de poluição proveniente das indústrias, enquanto que o E2 (estudante 2), do grupo de acusação, argumenta que reconhecem os problemas da cidade mas que são as indústrias as responsáveis pela movimentação da economia. A discussão gerada a partir da questão 2 enfatiza o domínio dos estudantes em relação ao critério proposto.

Quadro 15: Júri-simulado- Discussão da questão 2: “A poluição era visível por toda a cidade fazendo com que Cubatão ficasse conhecida como Vale da Morte prejudicando a economia da região, superlotando os postos médicos devido aos problemas de saúde que os moradores apresentavam.”

ACUSAÇÃO	DEFESA
	E10: “A superlotação dos postos médicos é proveniente de uma cidade que não toma conta de seus moradores.”
E2: “Temos ciência dos problemas da cidade, mas são as indústrias presentes na região que movimenta sua economia.”	E7: “Já não era possível ver a cor do céu na cidade devido ao grande índice de poluição atmosférica liberadas pelas indústrias.”
E4: “Não podemos acusar a indústria como 100% culpada pela poluição atmosférica bem como os moradores	E9: “Não estamos defendendo o fim das indústrias, estamos defendendo que as indústrias sejam responsabili-

doentes na cidade, sem as indústrias como haveria empregos?”	zadas pelos seus feitos, são pessoas doentes, a fauna e flora prejudicada.”
--	---

Fonte: Autora (2022)

O Quadro 16, traz a discussão entre os estudantes em relação a terceira afirmação “Em 2017, o número de empregos fixou em 13.362 e o total produzido chegou a quase 20 mil toneladas de produtos produzidos na cidade.” O Grupo a iniciar a discussão dessa vez foi o de acusação, o critério tomada de decisão foi alcançado quando a professora responsável por guiar o júri-simulado perguntou o que as indústrias poderiam fazer para diminuir o índice de poluição. O E3 (Estudante 3) do grupo de acusação e o E13 (estudante 13) do grupo de defesa busca encontrar soluções para resolver o problema de poluição proposto.

Quadro 16: Júri-simulado- Discussão da questão 3: “Em 2017, o número de empregos fixou em 13.362 e o total produzido chegou a quase 20 mil toneladas de produtos produzidos na cidade.

ACUSAÇÃO	DEFESA
E5: “As indústrias são as responsáveis pela economia girar.”	E12: “Pode até ser, mas à medida que aumenta a quantidade de indústrias na cidade aumenta a poluição, deixando mais pessoas doentes e lotando as unidades de saúde.”
E6: “Faz parte, mas são essas indústrias que geraram emprego e renda para a população.”	
Profª: Que medidas as indústrias poderiam utilizar para reduzir o índice de poluição na cidade?	
E3: As indústrias poderiam utilizar	E13: “As indústrias poderiam mapear

métodos para purificar os gases que são liberados por elas, assim manteriam os empregos dos moradores da cidade e ainda ajudaria o meio ambiente.	a geração de resíduos por fonte geradora e definir os tipos de resíduos gerados para que assim tomassem as medidas cabíveis.”
---	---

Fonte: Autora (2022)

3.1.4 Análise do Momento 4.

O critério trabalhado no momento 4 foi o de ação responsável. No qual os estudantes foram direcionados a realização de um experimento de baixo custo e a resolução de uma situação-problema a cerca do tema chuva ácida. Neste momento foi esperado que os estudantes fossem encorajados a tomarem ação social e individual, sendo direcionados a utilizar de seus conhecimentos científicos e tecnológicos para buscar as soluções necessárias.

Inicialmente, os estudantes foram conduzidos individualmente para resolução da situação problema disponível no **Quadro 3** tomando como base o texto proposto no momento 3: “Vazamento de gás provoca chuva ácida em Cubatão, diz Cetesb.” Para resolução da situação-problema os estudantes deveriam tomar alternativas para diminuição dos gases poluentes liberados pelas indústrias na atmosfera. Para análise de dados , consideramos apenas as respostas mais representativas e que se diferenciaram das outras dadas pelos estudantes, disponíveis no Quadro 17.

Quadro 17: Respostas dos estudantes a situação-problema 1.

E2: “Primeiramente, eu iria limitar a quantidade de gases liberados por dia, esse gás liberado seria armazenado em uma espécie de compartimento para ser purificado e só aí liberado para atmosfera.”
E4: “Tomaria medidas de conscientização para sociedade e buscaria trocar os combustíveis fosseis por gás natural, diminuindo a poluição atmosférica.”
E7: “Primeiramente, reduziria a concentração de indústrias no local e logo após, incentivaria as indústrias e a população local a trocar o combustível fóssil para um biocombustível.”

E9: “Substituiria os combustíveis fósseis por biocombustíveis. Proporcionaria uma maior fiscalização enquanto ao descarte de resíduos tóxicos no meio ambiente. Investiria em mais políticas públicas enquanto ao limite de emissão de gases poluentes na atmosfera.”

E11: “Induziria as fábricas a produzirem menos resíduos tóxicos e ter mais responsabilidade e preocupação com o meio ambiente.”

Fonte: Autora (2022)

Com base nas repostas é perceptível o quanto os estudantes buscam a resolução do problema de maneira consciente sem prejudicar a movimentação econômica da cidade e ao mesmo tempo tomando uma ação social para que ninguém seja prejudicado. Para segunda parte deste momento, os estudantes foram separados em 3 grupos, sendo dois compostos por 4 estudantes e um composto por 5 estudantes, para realização de um experimento de baixo custo intitulado como “Chuva ácida caseira” (**Quadro 4**). O experimento foi realizado em sala de aula, como mostra as **Figuras 3 e 4**, com o objetivo de que os estudantes fossem direcionados a visualizar os efeitos da chuva ácida no meio ambiente, já que os efeitos da chuva ácida em um local podem demorar anos para serem visíveis. O relatório produzido pelos grupos teve objetivo de trazer uma discussão a cerca das consequências da chuva ácida para o meio ambiente, instigando os estudantes a repensarem suas atitudes que podem influenciar no índice de poluição atmosférica bem como tomar ações individuais e coletivas para proteger os seus. Para análise de dados utilizamos os relatórios produzidos pelos estudantes.

Figura 3-Organização Experimento Chuva ácida Caseira.



Fonte: Autora (2022)

Figura 4- Realização do experimento “Chuva Ácida Caseira” pelos estudantes e resultado final do experimento.



Fonte: Autora (2022)

3.1.5 Análise do Momento 5.

No momento 5, trabalhamos com a fase de integração. Nesta fase foi esperado que os estudantes tivessem uma visão mais ampla acerca do tema Ciência, Tecnologia e Sociedade, bem como tivessem criado valores pessoais e sociais. Neste critério os estudantes foram direcionados a leitura do texto: “Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoelétrica” (**Quadro 5**) publicado em 03 de setembro de 2017. Após a leitura, os estudantes responderam a situação problema 2 (**Quadro 6**). Nesta, eles deveriam ajudar a estudante Ana do 3º ano do Ensino Médio que estava passando por problemas na região em que mora devido a chuva ácida. Para resolução desse problema os estudantes tiveram que utilizar dos conhecimentos adquiridos nos momentos anteriores. Dos 13 estudantes participantes da pesquisa apenas 9 compareceram no dia para realização da atividade de resolução de problemas. O quadro 18 traz as repostas dos 9 estudantes em relação a situação problema.

Quadro 18: Respostas dos estudantes em relação a situação problema 2.

E1: “Ana poderia resolver esse problema com sugestões que garantem a saúde das plantas como: adição de mais adubo orgânico, cobrir com uma lona em tempos chuvosos. Sobre a usina termoelétrica seria viável que a cidade adotasse a energia solar com implementação de painéis solares.”
E2: “Ajudaria Ana e seus pais, sugerindo a construção de um local coberto para que as plantações não ficassem expostas. Sobre os gases poluentes pensaria em uma forma de filtra-los para só assim serem liberados.”
E3: “Ana poderia buscar meios para filtração e desintoxicação da água, favorecendo a geração de energia limpa e reduzindo conseqüentemente a emissão de gases poluentes, para corrigir o pH do solo seria valido a adição de calcário. E para evitar a liberação de gases poluentes seria ideal a implementação de energia renovável no local.”
E4: “Ajudaria Ana cobrindo as plantações quando estivesse chovendo.”
E5: “Colocaria as plantações em um local fechado e tentaria corrigir o pH utilizando substâncias básicas. Em relação a termoelétrica tomaria medidas para

filtrar os gases tóxicos.”
E6: “Ana deveria identificar o que está deixando o pH do solo mais ácido para só assim tomar medidas cabíveis. Ela deveria também tomar medidas para impedir que a chuva ácida devastassem a plantação de sua família utilizando uma lona para cobrir . Sobre a usina termoelétrica uma solução seria mais códigos de leis que impusessem uma restrição enquanto a liberação de gases poluentes.”
E7: “Cobriria as plantações em épocas chuvosas”
E8: “Ajudaria Ana dando dicas de como proteger as plantações e corrigir o pH do solo, sobre a termoelétrica trocaria por outra fonte de energia como a eólica.
E9: “Ajudaria Ana dando a opção de analisar o terreno e de corrigir o pH do solo utilizando uma base.”

Fonte: Autora (2022)

Ficou evidente que os estudantes buscaram resolver a situação problema 2 com base em seus conhecimentos científicos e adquiridos durante a realização da sequencia didática, ampliando suas reflexões e proporcionando um posicionamento ético diante da problemática apresentada gerando uma visão sobre Ciência, Tecnologia relacionada a Sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo propor uma sequência didática (SD) utilizando uma abordagem CTS/CTSA, que articula ao ensino de Química a educação ambiental, promovendo aos estudantes da educação básica consciência ambiental e social em relação ao tema chuva ácida. Diante da dificuldade que os professores de Química possuem em articular temas socioambientais aos conteúdos obrigatórios, o presente trabalho propôs uma sequência didática utilizando a abordagem CTS/CTSA sobre o tema chuva ácida, que buscou articular os aspectos dos conteúdos obrigatórios de Química como as funções inorgânicas (ácidos e óxidos) e estudo do pH com as questões ambientais. Nesse sentido, buscamos a análise das ideias desenvolvidas pelos estudantes durante a SD, no sentido de verificar sua compreensão em relação ao tema, e aos aspectos químicos e ambientais, com isso, avaliamos, por meio deste trabalho, se os estudantes desenvolveram uma sensibilização ambiental quanto aos impactos ambientais relacionados com a poluição atmosférica.

A SD apresentada neste trabalho foi baseada no ciclo de responsabilidade de Leonard Waks que é constituída por cinco fases: compreensão de si mesmo, estudo e reflexão, tomada de decisões, ação responsável e integração. O ciclo proposto tem a finalidade de ensinar ética e valores que surgem na educação CTS e visa proporcionar aos estudantes a capacidade de construção de um cidadão participativo, com olhar crítico e com habilidades essenciais para que haja tomada de decisões sobre questões relacionadas a Ciência, Tecnologia e Sociedade. O ciclo de responsabilidade de Waks presente neste trabalho buscou desenvolver nos estudantes um processo de formação mais consciente, a partir das propostas das atividades presentes na SD.

Os resultados obtidos podem ser destacados pelo desenvolvimento de uma sensibilização ambiental pelos estudantes quando eles buscaram entender a importância do estudo do fenômeno chuva ácida e sua relação com os conteúdos de Química. Verificamos que isso se dá pela compreensão do tema em seus aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais. Avaliamos que as atividades propostas na sequência didática contribuíram para que os estudantes entendessem os problemas relacionados ao tema, aproximando-os da realidade e contribuindo no seu

desenvolvimento intelectual, bem como, numa melhor compreensão e assimilação dos conteúdos relacionados. Além disso, oportunizaram os estudantes a confrontarem as informações e alternativas relacionadas ao tema para que possam tomar decisões mais assertivas com responsabilidade, integrando uma visão mais ampla acerca do tema criando valores pessoais e sociais.

Esta pesquisa se mostra importante quando enfatiza as dificuldades dos estudantes na compreensão dos conteúdos de Química que, por muitas vezes, é taxada de disciplina difícil e chata. Diante disso, quando relacionamos os conteúdos da disciplina a temáticas socioambientais por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem com atividades voltadas à construção progressiva do conhecimento científico e da responsabilidade social, tornamos as aulas mais atrativas contribuindo no processo de formação para a cidadania. Percebemos que esse é um processo gradativo, uma vez que, durante o desenvolvimento da pesquisa algumas dificuldades foram enfrentadas, dentre elas, a ausência dos estudantes em algumas atividades propostas, além da falta de interesse deles em participar da pesquisa voluntariamente.

Diante do exposto, podemos considerar relevante novas pesquisas relacionando o enfoque CTS/CTSA na articulação do ensino de química e temas ambientais contribuindo para o desenvolvimento de estudantes mais críticos e responsáveis em suas decisões.

REFERÊNCIAS

Agricultores e pescadores de Peruíbe temem impactos da termoeletrica - Rede Brasil Atual. Disponível em:

<<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/agricultores-e-pescadores-de-peruibe-temem-efeitos-da-chuva-acida/>>. Acesso em: 7 out. 2022.

AIKENHEAD, G. S. **Science-technology-society Science education development: from curriculum policy to student learning.** Brasília: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE ENSINO DE CIÊNCIAS PARA O SÉCULO XXI: ACT - Alfabetização em ciência e tecnologia, 1; jun/1990. (Mimeogr.).

ALMEIDA, V. N. **O Ensino de Química com Enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade na Educação de Jovens e Adultos.** Universidade Luterana do Brasil – Canoas, p.15 a 16, 2008.

ALVES, Adriano Eduardo Lívio. **Monitoramento da qualidade das águas de chuva conforme a atuação dos sistemas sinóticos da cidade de Natal/RN.** p. 115. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal Rio Grande do Norte, 2009.

Aproximações entre ciência-tecnologia-sociedade e os temas transversais no livro didático de matemática do ensino fundamental de 5a. a 8a. séries.

Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91773>>. Acesso em: 8 out. 2022.

AULER, D. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: UM NOVO “PARADIGMA”? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 5, p. 68–83, jun. 2003.

BAINES, J. **Chuva ácida. Tradução de Dan Adésio Pinseta.** São Paulo: Scipione, 2003. (Coleção Preserve o mundo).

BATISTA, R. S. **Produção Colaborativa De Sequências Didáticas De Química Com Temas Sociocientíficos.** Org. BATISTA, R; TERRA, V. R.; LEITE, S. Q. M. 27 ago. IFPE - Espírito Santo, 2014.

BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica.** Florianópolis: UFSC, 1998. 319 p.

Bernardes, M. B. J., & Prieto, Élisson C. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: DISCIPLINA VERSUS TEMA TRANSVERSAL. **REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental**, 2013. <https://doi.org/10.14295/remea.v24i0.3891>

Biblioteca Digital do IPB: A educação ambiental no Ensino Básico: valores e atitudes ambientalistas de jovens. Disponível em:

<<https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/2603>>. Acesso em: 6 out. 2022.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE

PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2011. p. 1-10.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: 3º e 4º Ciclos: apresentação dos temas transversais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996.

CANDÉO, M. **Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) por meio do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) a partir de filmes de cinema**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, SC. 14 set. 2013.

CEREZO J. A. Ciência, tecnologia e sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos. In: SANTOS, L. W. et al. (Orgs.). **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. Londrina: IAPAR, 2002. p. 3-39.

CHASSOT, A. I. et al. **Química do Cotidiano: pressupostos teóricos para elaboração de material didático alternativo**. Espaços da Escola, n.10, p.47-53, 1993.

CRUZ, S. M. S. C. S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental**. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

DIAS, G. F. **Os quinze anos da Educação Ambiental no Brasil: um depoimento em aberto** 10 (49), Brasília, jan/mar. 1991. p. 2 – 15. Educação ambiental, princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1991.

FIRME, R. N. . Validação de uma sequência de ensino e aprendizagem de química com abordagem CTS sobre o descarte de pilhas e baterias. In: Edenia Maria Ribeiro do Amaral; João Roberto Ratis Tenório da Silva. (Org.). **Sequências Didáticas para o Ensino de Química: Perfis conceituais, resolução de problemas e temas sociocientíficos**. 1ed. RECIFE: EDUPE, 2021, v. , p. 143-163.

FROTA, Evanise Batista; VASCONCELOS, Nadja Maria Sales. **Química: Química Ambiental**. 2ª edição. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará- EdUECE, 2019.

FROTA, E. B.; VASCONCELOS, N. M. S. DE. **Química Ambiental**. 13 nov. 2019.

GALVÃO, Patricia. **Chuva Ácida: Estudo de Caso no Campus USP/SP**. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p. 107. 1996.

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

L9795. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm>. Acesso em: 7 out. 2022.

Lei de Diretrizes e Bases - Lei 9394/96 | Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, Presidência da República. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/109224/lei-de-diretrizes-e-bases-lei-9394-96>>. Acesso em: 7 out. 2022.

LOPES, A. Os Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, v. 23, 1 set. 2002.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajetórias e Fundamentos da Educação Ambiental.** São Paulo: Cortez, 2004.

MATOS, Maria Cordeiro de Farias Gouveia. **Panorama da educação ambiental brasileira a partir do V Fórum Brasileiro de Educação Ambiental.** p.138. Dissertação Mestrado- Pós-Graduação em educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, Haydée Torres de. **Educação ambiental – ser ou não ser uma disciplina: essa é a principal questão?!** In: Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Ministério da Educação/MEC – Departamento de Educação Ambiental. Brasília: UNESCO, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao3.pdf>

OLIVEIRA, J. E. G. ; FIRME, R. N. Análise de uma intervenção pedagógica sobre resíduos plásticos na perspectiva CTS visando o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental. **Caminhos Da Educação Matemática Em Revista (On-Line)** , v. 12, p. 49-67, 2022.

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais: documento completo, atualizado e interativo. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/pcn/pcn-parametros-curriculares-nacionais-documento-completo-atualizado-e-interativo>>. Acesso em: 7 out. 2022.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71–84, abr. 2007.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Tradução de Naila Freitas. 5 ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, C. L.; AMARAL, M. B. Problematizando o óbvio: ensinar a partir da realidade do aluno. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO. **Anais.** Caxambu: Anped, 1996. p. 197.

SANTOS, W. L. P. DOS; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 2, n. 2, p. 110–132, dez. 2000a.

SILVA, F. L.; PESSANHA, P. R.; BOUHID, R. **Abordagem do Tema Controverso Radioatividade/Energia Nuclear em Sala de Aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso.** VIII Enpec. IFRJ e IECD – SEEDUC, p 3, 2011.