



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

JOÃO GABRIEL GONÇALVES

**EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

**BLUMENAU
2022**

JOÃO GABRIEL GONÇALVES

**EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Química - Licenciatura do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof^ª. Graziela Piccoli Richetti

**BLUMENAU
2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gonçalves, João Gabriel
EFEITO ESTUFA : UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA / João Gabriel Gonçalves ; orientadora,
Graziela Piccoli Richetti, 2022.
54 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Química, Blumenau, 2022.

Inclui referências.

1. Química. 2. Química ambiental. 3. Efeito estufa. 4.
Ilha interdisciplinar de racionalidade. I. Richetti,
Graziela Piccoli. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Química. III. Título.

João Gabriel Gonçalves

**EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CTS PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de licenciado e aprovado em sua forma final pelo Curso de graduação em Química – Licenciatura.

Blumenau, 15 de dezembro de 2022.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Profa. Dra. Graziela Piccoli Richetti
Orientadora

Profa. Dra. Daniela Brondani
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Fernanda Luiza de Faria
Universidade Federal de São João Del Rei

Blumenau, 2022.

AGRADECIMENTOS

Nesta jornada que se finaliza, deixo meus encarecidos agradecimentos aos professores, em especial a professora Graziela, pela orientação e compreensão.

Agradeço também à minha companheira, Alicia, por todo o apoio nos momentos difíceis.

“És bela. Porque também a vida é assim: substância, mas não só!”
(PAIVA, 2012, p. 18)

RESUMO

O efeito estufa é um fenômeno que provoca o aumento da temperatura atmosférica através da interação entre os gases do efeito estufa e a radiação infravermelha emitida pelo planeta Terra. Este fenômeno tem sido agravado historicamente pelas ações humanas, especialmente, após a revolução industrial. Este tema apresenta potencialidades para explorar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de química, e está ligado a conhecimentos científicos de diferentes áreas e ao cotidiano dos estudantes. Além disso, a emergência de atitudes que preservem o meio ambiente é um fator que contribui para a relevância do tema. O presente trabalho teve como objetivo elaborar o planejamento de uma ilha interdisciplinar de racionalidade sobre o efeito estufa para o ensino de química no ensino médio. Foi realizado um levantamento bibliográfico na revista Química Nova na Escola e nos Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Química para verificar a recorrência de trabalhos acadêmicos que propuseram estratégias didáticas sobre o tema no ensino de química. Os resultados mostraram a escassez de pesquisas, o que pode estar relacionada à complexidade do tema. Para amparar os professores na execução da abordagem proposta, foram recomendados materiais de fácil acesso e em língua portuguesa sobre efeito estufa. Através da ilha interdisciplinar de racionalidade proposta é possível desenvolver uma abordagem CTS sobre o tema que possibilite a compreensão da importância das questões climáticas, por meio da abordagem de conhecimentos interdisciplinares. Ensinar este tema se torna ainda mais importante no contexto atual, em que se observa uma ascensão de discursos de negação climática.

Palavras-chave: Química ambiental; Efeito estufa; Ilha interdisciplinar de racionalidade.

ABSTRACT

The greenhouse effect is a phenomenon that causes an increase in atmospheric temperature through the interaction between greenhouse gases and infrared radiation emitted by planet Earth. This phenomenon has historically been aggravated by human actions, especially after the industrial revolution. This topic has the potential to explore the relationships between Science, Technology and Society in chemistry teaching, and is linked to scientific knowledge in different areas and to students' daily lives. In addition, the emergence of attitudes that preserve the environment is a factor that contributes to the relevance of the theme. The present work aimed to develop the planning of an interdisciplinary island of rationality on the greenhouse effect for the teaching of chemistry in high school. A bibliographic survey was carried out in *Química Nova na Escola* journal and in the annals of the Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Química to verify the recurrence of academic works that proposed didactic strategies on the subject in chemistry teaching. The results showed the lack of research, which may be related to the complexity of the topic. To support teachers in implementing the proposed approach, easily accessible materials in Portuguese on the greenhouse effect were recommended. Through the proposed interdisciplinary island of rationality, it is possible to develop a STS approach on the subject that enables the understanding of the importance of climate issues, through the approach of interdisciplinary knowledge. Teaching this topic becomes even more important in the current context, where climate denial discourses are on the rise.

Keywords: Environmental chemistry; Greenhouse effect; Interdisciplinary islands of rationality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema dos conteúdos relacionados ao tema efeito estufa.....41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trabalhos sobre o tema efeito estufa publicados na QNEsc (2002 a 2022).....	23
Quadro 2 – Trabalhos sobre o tema efeito estufa publicados nos anais do ENEQ (2008-2020).....	26
Quadro 3 – Trabalhos sobre o tema efeito estufa para consulta pelos professores.....	39
Quadro 4 - Síntese da etapa zero da IIR sobre efeito estufa.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
COP-21	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IIR	Ilha Interdisciplinar de Racionalidade
IV	Infravermelho
QNEsc	Química Nova na Escola
SD	Sequência didática
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 A QUÍMICA AMBIENTAL E O EFEITO ESTUFA.....	17
2.2 ABORDAGEM CTS E ENSINO DE QUÍMICA	19
2.3 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O EFEITO ESTUFA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	22
2.4 ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE.....	27
2.4.1. Planejamento de uma ilha interdisciplinar de racionalidade	31
3. METODOLOGIA	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.2 EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DE IIR.....	39
4.2.1 Situação-problema	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

As ações realizadas pelos seres humanos são capazes de gerar profundas transformações na natureza, o que torna essencial, não apenas compreendê-la, mas compreender como ela é afetada pelas nossas ações - por isso, a ciência é tão importante.

A química ambiental é uma das áreas da Ciência voltada à compreensão da natureza - isto é, do ar, da água e dos solos - e dos efeitos da atividade antropogênica (BAIRD, 2011). Sendo assim, a química ambiental abrange tópicos como a composição dos gases atmosféricos, o efeito da chuva ácida em estruturas geológicas e os efeitos da exploração do solo para a agricultura.

O ramo da química voltado às questões relativas à atmosfera, é possivelmente um de seus ramos mais jovens: a química atmosférica. É uma área do conhecimento diretamente ligada a questões ambientais como o aquecimento global, o efeito estufa e a camada de ozônio, e conseqüentemente, tem crescido à medida que essas questões têm ganhado mais atenção da sociedade (SOUZA *et al.*, 2021).

O ar é uma das três esferas da vida terrestre e sua compreensão é de grande importância para o equilíbrio ecológico. Como dito por Manahan (2000), a atmosfera é uma manta protetora que nutre a Terra e a protege dos perigos provenientes do espaço, sendo essencial aos ciclos hidrológicos, ao fornecimento de moléculas fundamentais aos seres vivos e à manutenção da temperatura e pressão adequadas à vida.

O ensino da química atmosférica se torna mais enriquecedor quando permite a compreensão de problemas ambientais que geram conseqüências à sociedade, como o efeito estufa. A abordagem de problemas ambientais no ensino de ciências tem um impacto maior do que o ensino de ciências isolado, sendo assim, há nessa prática educativa, um maior potencial transformador (SADLER; FOWLER, 2006; GENOVESE; GENOVESE; CARVALHO, 2019). Essa estratégia se insere na perspectiva de uma educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que tem como propósitos gerar percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno, questionamentos sobre situações sociais relacionadas à cidadania e compromissos sociais diante de

problemas ainda não estabelecidos (STRIEDER; KAWAMURA, 2017; SANTOS, 2012; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS, 2007).

A educação, quando omissa em relação a um problema sociocientífico, não está manifestando neutralidade, está deixando de cumprir seu papel na formação de cidadãos, e contribuindo para a perpetuação deste problema (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Além disso, a abordagem dos conteúdos de química através de problemas sociocientíficos, auxilia na organização do currículo e leva ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, reconstrução social crítica, ação e sustentabilidade - ao contrário das práticas tradicionais de ensino que fazem das questões sociais, um mero adorno aos conteúdos curriculares (PEDRETTI, 1997; SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

O efeito estufa é um fenômeno natural relacionado ao aquecimento global. É um fenômeno que descreve como a atmosfera terrestre age como uma manta que mantém a região próxima à superfície aquecida. Apesar de ser fundamental para existência da vida como conhecemos, há um agravamento do efeito estufa - que se mostra nocivo aos seres humanos e demais seres vivos - provocado principalmente pela emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), através da queima de combustíveis fósseis (CASAGRANDE; SILVA JÚNIOR; MENDONÇA, 2011; BOTKIN; KELLER, 2011; MANAHAN, 2000; SPIRO, 2009; BAIRD, 2011; ARTAXO, 2020; BARRETO, 2020).

Nos últimos anos, o negacionismo científico em relação às mudanças climáticas tem ganhado forças, “sobretudo a partir da ascensão mundial do conservadorismo de ultradireita” (VILELA; SELLES, 2020, p. 1724). A importância do ensino de química e das questões climáticas é ainda maior em um período conhecido como era da pós-verdade. Este conceito se refere a um fenômeno de relativização da verdade, através da defesa de crenças desprovidas de base evidencial, onde são destacados contrastes, polarização de opiniões e disputas de convicções. Este fenômeno provoca na sociedade suspeitas sobre instituições amplamente confiadas, como entidades científicas, educacionais, políticas e jornalísticas. (ALLCOTT; GENTZKOW, 2017; VILELA; SELLES, 2020).

Através desta pesquisa pretende-se desenvolver uma proposta de ensino interdisciplinar, que ampare docentes da educação básica na abordagem dos

conhecimentos relativos ao efeito estufa. Tal construção deve ocorrer com o propósito de uma educação para a cidadania e, dessa forma, é fundamental que os estudantes disponham de conhecimentos químicos relacionados aos problemas sociais, o que pode favorecer seu posicionamento crítico e a proposição de soluções para problemas como, por exemplo, os impactos ambientais do efeito estufa. Nesse contexto, Santos e Schnetzler (2010, p. 49) avaliam que “a Química no Ensino Médio não pode ser ensinada como um fim em si mesma” o que requer “um ensino contextualizado, no qual o foco seja o preparo para o exercício consciente da cidadania”.

A metodologia de ensino desenvolvida deve ter como fim, não apenas a construção dos conhecimentos de química relacionados à temática, mas também a construção de criticidade em relação às questões sociais, tecnológicas e científicas. Este propósito está alinhado à perspectiva da alfabetização científica e tecnológica, numa visão de ciência que contribua para o desenvolvimento, não apenas de conceitos científicos, mas também:

[...] conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto às limitações e conseqüências negativas de seu desenvolvimento (CHASSOT, 2003a, p. 99).

A ciência é uma linguagem através da qual se permite compreender a natureza, o que quer dizer que ser alfabetizado cientificamente, corresponde a ser capaz de ler a linguagem em que está escrita a natureza (CHASSOT, 2003a). Nesse contexto, Fourez (2005) propõe a construção do conhecimento através de uma metodologia contextualizada, interdisciplinar e orientada por um projeto, denominada Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR). Fundamentado neste fato, uma proposta de IIR sobre o efeito estufa, pode atuar no desenvolvimento de uma percepção crítica sobre um problema sociocientífico de grande impacto, alinhada com a perspectiva de uma educação CTS na promoção de conhecimentos científicos, atrelados a questões sociais e tecnológicas.

Esta pesquisa tem como objetivo geral elaborar o planejamento de uma ilha interdisciplinar de racionalidade sobre o tema efeito estufa no contexto do ensino de química para a o ensino médio. Propõe-se que para a construção desta pesquisa sejam atingidos os seguintes objetivos específicos:

- Investigar a recorrência de trabalhos acadêmicos sobre efeito estufa direcionados ao ensino de química;
- Analisar o caráter CTS do tema efeito estufa;
- Recomendar fontes de informação sobre o tema, de fácil acesso e em língua portuguesa, para amparar os professores do ensino médio para a realização de uma IIR sobre o efeito estufa para o ensino de química atmosférica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A QUÍMICA AMBIENTAL E O EFEITO ESTUFA

A química ambiental é uma área de grande destaque nacional e internacional na atualidade, tendo em vista as demandas pelas questões ambientais e pela importância que a química possui no desenvolvimento ecológico e sustentável. No Brasil a química ambiental se desenvolveu mais lentamente e vinculada à química analítica, estando mais atuante na compreensão da composição da biosfera. O seu ensino no Brasil, iniciou por volta de 1980 e hoje é considerada ‘quase obrigatória’ nos cursos de licenciatura em química do país (CANELA; FOSTIER; GRASSI, 2017).

A química ambiental surgiu ligada a outros campos da química, ao correlacionar questões da química existentes com questões ambientais. Manahan (2000, p. 3, tradução nossa), descreve a química ambiental como “o estudo das fontes, reações, transportes, efeitos e destinos das espécies químicas em água, solo, terra, e ambientes de vida, e os efeitos da tecnologia sobre eles”, tendo foco nas questões relacionadas aos problemas ambientais. Ibanez *et al.* (2007) apontam que a importância da química ambiental se dá na sua possibilidade de compreensão da natureza, especialmente, dos destinos e reações que poluentes químicos possam sofrer.

É comum na literatura encontrar o estudo da química ambiental dividido entre as químicas da litosfera, da hidrosfera e da atmosfera (ainda que estas não existam dissociadamente), sendo que este trabalho tem foco na última em questão. A química atmosférica se atém às questões relacionadas ao ar e sua relação com as outras “esferas terrestres”. Conforme apontado por Adílio Marques e Filgueiras (2010), esta área de estudo surgiu no Brasil, numa perspectiva ambiental, na metade do século XVIII e início do século XIX, pelo médico José Pinto de Azeredo, que direcionou seus estudos à compreensão dos efeitos do CO₂ sobre o sistema nervoso.

O estudo da química atmosférica foi historicamente impulsionado pelo agravamento da poluição do ar. A poluição atmosférica é um fenômeno reconhecido há muito tempo, como apontam Gaffney e Marley (2003), tendo sido

relatada por Moses Maimonides¹ há mais de 800 anos. Diversos fenômenos de poluição atmosférica, de grande impacto social, também foram relatados ao longo dos anos, como o *smog* londrino, que ocorreu em dezembro de 1952 em Londres, na Inglaterra, causando um nevoeiro carregado de materiais particulados em decorrência da alta queima de carvão mineral e outros materiais (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018).

A condição ideal de temperatura para a formação da vida em nosso planeta está correlacionada diretamente com a nossa posição no sistema solar e com a composição de nossa atmosfera. É graças a essa composição da atmosfera terrestre, que parte da energia proveniente da radiação solar é retida na forma de calor, contribuindo assim, para que a temperatura média seja favorável ao desenvolvimento da vida. Para efeito de mensuração, sem este fenômeno denominado “efeito estufa”, a temperatura média do planeta seria 33°C menor do que a temperatura média atual de 14°C, estando em torno de -19°C (MANAHAN, 2000; KWEKU *et al.*, 2018). O efeito estufa foi proposto por Joseph Fourier em 1827, em 1861 foi experimentalmente comprovado por John Tyndall e, em 1896, Svante Arrhenius propôs uma quantificação do aquecimento provocado pelo fenômeno (LACIS *et al.*, 2010).

A radiação solar, maior fonte de aquecimento do planeta Terra, é majoritariamente composta por raios com comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm, isto é, na região do espectro eletromagnético correspondente à luz visível (SPIRO, 2009). Cerca de 50% dessa radiação que incide sobre o planeta Terra é absorvida pelo solo, corpos de água, vegetações, construções e etc. Aproximadamente 30% é refletida ao espaço por corpos como nuvens, geleiras e superfícies cobertas por neve (superfícies de albedo elevado). Os 20% restantes são absorvidos por gases atmosféricos e vapor de água (BAIRD, 2011).

O planeta Terra, como todo corpo aquecido, também emite radiação, majoritariamente na região do infravermelho (IV), com pico de comprimento de onda em 10.000 nm (SPIRO, 2009). Parte considerável dessa radiação é

¹ Médico, filósofo, teologista e astrônomo que viveu entre 1135 e 1204. Conhecido por contribuições na medicina como a descrição de doenças como asma, pneumonia, diabetes e hepatite. (GAFFNEY; MARLEY, 2003; ROSNER, 2002).

absorvida pelas moléculas de água e CO₂ presentes na atmosfera². Quando esta radiação é reemitida, tende a ser imediatamente absorvida por moléculas vizinhas que também sejam absorvedoras de radiação IV, aprisionando o calor próximo à superfície terrestre (BAIRD, 2011).

O aumento da concentração de gases absorvedores de IV - denominados gases do efeito estufa - é um fator contribuinte para o aquecimento global. A concentração destes gases na atmosfera tem aumentado consideravelmente desde a revolução industrial, com grande incremento a partir da década de 1980.

Apesar de fundamental para as condições de vida na Terra, o agravamento deste efeito tem consequências nocivas ao equilíbrio ecológico e é um exemplo das inter-relações CTS. O papel da Ciência está na compreensão do fenômeno e suas causas, a tecnologia nos fornece melhores dados sobre o fenômeno, além de seu mau uso estar diretamente relacionado ao fenômeno e, no âmbito da Sociedade, temos os aspectos socioeconômicos da exploração da natureza, que impactam diretamente sobre o efeito estufa. Desta forma, o tema efeito estufa pode ser abordado no ensino de química para o desenvolvimento de habilidades e sensibilidades em prol de um posicionamento crítico em relação à ciência e à tecnologia.

2.2 ABORDAGEM CTS E ENSINO DE QUÍMICA

O ensino de química é frequentemente abordado por uma perspectiva com ênfase técnico-científica, ou ainda, pautado na mimetização de fórmulas, cálculos e regras. Além de dificultar e desmotivar a apropriação dos conceitos pelos estudantes, essa perspectiva desfavorece a construção de habilidades necessárias à atuação cidadã (LIMA, J.; LEITE, 2012; SANTOS, 2012; MUNFORD; LIMA, M., 2007). O ensino de química (e de outras ciências) dissociado do contexto favorece a construção do conhecimento com pouco significado para o estudante e é apontado como um dos motivos pelos quais os estudantes desenvolvem pouca apreciação pelo conhecimento ensinado (CHASSOT, 2003b; SIMON; AMOS, 2011).

² Outros gases atmosféricos como CH₄, óxido nitroso e gases fluorados também são considerados gases do efeito estufa, porém, devido à menor concentração na atmosfera, têm menor impacto sobre o fenômeno (KWEKU *et al.*, 2018).

Os estudos sobre as relações CTS têm origem nos movimentos sociais mundiais das décadas de 1960 e 1970, motivados, principalmente, pela degradação ambiental provocada pelo desenvolvimento científico e tecnológico e à vinculação desse avanço às bombas atômicas e o *napalm* desfolhante utilizado na guerra do Vietnã (AULER; BAZZO, 2001; SANTOS; MORTIMER, 2002). Esse contexto evidenciou a premência de participação dos cidadãos nas decisões públicas, da compreensão das consequências do uso da tecnologia, da ética da pesquisa científica e da tomada de consciência em relação aos problemas ambientais. Como consequência, a necessidade de uma educação científica para todos os cidadãos (CACHAPUZ *et al.*, 2005) tornou-se objeto de estudo – e debates – de pesquisadores da área de Educação em Ciências em diversos países nas décadas de 1970 e 1980 e, no Brasil, a partir da década de 1990 e, atualmente, é um campo de estudos consolidado. Dessa forma, o ensino de ciências na perspectiva da educação CTS tem como característica central a contextualização social do conteúdo, por meio da abordagem de temas de relevância social e pertinentes ao contexto de vida dos estudantes (SIQUEIRA *et al.*, 2021; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2002).

Uma abordagem de ensino CTS é aquela que procura ensinar ciências a partir de uma perspectiva contextualizadora, relacionada com seus aspectos tecnológicos e sociais. Integra o mundo natural (ciências), o mundo construído pelo homem (tecnologia) e o mundo das inter-relações humanas (sociedade) (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQUEARTS, 1988), e é amplamente vista como um veículo para a alfabetização científica (AIKENHEAD, 2009).

A ciência é uma linguagem através da qual se permite compreender a natureza, o que quer dizer que ser alfabetizado cientificamente, corresponde a ser capaz de ler a linguagem em que está escrita a natureza (CHASSOT, 2003a). Assim como Paulo Freire (1980) vê na alfabetização o desenvolvimento de uma postura atuante do ser humano em seu contexto, cabe à alfabetização científica permitir, através dos conhecimentos científicos, a construção de sensibilidades e habilidades que permitam o exercício da cidadania (FOUREZ, 2005; ROTH; DÉSAUTELS, 2004; SASSERON; CARVALHO, A. 2011).

A concepção de alfabetização científica e tecnológica assumida nesta pesquisa é a proposta por Fourez (2005), como uma possível resposta à crise no Ensino de Ciências:

Eu consideraria alguém como **alfabetizado científica e tecnologicamente** quando seus saberes permitem uma certa **autonomia** (possibilidade de **negociar** suas decisões frente às pressões naturais ou sociais), uma certa **capacidade de comunicação** (encontrar as maneiras de dizer), e um certo **domínio e responsabilidade**, frente a situações concretas (FOUREZ, 2005, p.62, grifos do autor).

Fourez (2005) também propõe que, na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica, as ciências não são um fim por si só, mas um caminho necessário para a vida social. O autor aponta que assim como saber ler e escrever no século XIX se tornou fundamental para poder inserir-se socialmente, na atualidade há também conhecimentos necessários para o desenvolvimento social conveniente em um mundo caracterizado pela ciência e tecnologia.

Constitui-se então, a educação CTS, como uma importante ferramenta no desenvolvimento de uma formação cidadã, uma vez que atua no “desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e no desenvolvimento de valores” (SANTOS, 2012, p. 55). A perspectiva de uma educação CTS não deve estar dedicada apenas na abrangência do currículo escolar, mas também deve promover atitude criativa, lúdica e ilustrada, com o propósito de uma construção coletiva da aula e dos espaços de aprendizagem (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Nessa construção coletiva, a resolução de problemas deve ocorrer por meio de consenso e negociação, estando o professor, no papel de promover materiais conceituais e empíricos para construção de pontes argumentativas entre os estudantes (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Concordamos com Gomes, Penna e Arroio (2020, p. 4) que a construção da "formação cidadã implica despertar no sujeito autonomia para tecer seus próprios pontos de vista de forma crítica sobre a realidade".

Sanches e Moreira (2017), propõem a educação CTS atrelada à educação ambiental, numa perspectiva denominada Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). As questões científicas, tecnológicas e sociais estão naturalmente associadas à maneira como o ser humano se relaciona com a natureza, no entanto, “discussões sobre CTS podem tomar um rumo que não,

necessariamente, questões ambientais sejam consideradas ou priorizadas e, nesse sentido, o movimento CTSA vem resgatar o papel da educação ambiental” (SANTOS, 2007, n. p.). Siqueira *et al.* (2021) argumentam que CTS e CTSA não se opõem, na verdade, caminham juntos com o propósito de construir novas atitudes para um futuro sustentável.

Nas palavras de Jacobi (1998, p. 6), “a educação para a cidadania representa a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para que transformem as diversas formas de participação em defesa da qualidade de vida”. O autor enfatiza o papel da educação ambiental neste processo, uma vez que esta pode contribuir no fortalecimento da cidadania, estabelecendo uma nova percepção sobre a relação do homem com a natureza e o colocando como principal responsável pela degradação do meio ambiente.

2.3 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O EFEITO ESTUFA NO ENSINO DE QUÍMICA

O objetivo desta revisão é identificar quais estratégias didáticas sobre o tema efeito estufa já foram utilizadas no Ensino de Química. Para tal, foram selecionadas como fontes de busca a revista Química Nova na Escola e os anais do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). A revista Química Nova na Escola (QNEsc) pode ser considerada a principal revista da área de Ensino de Química no Brasil na atualidade. A revista tem periodicidade trimestral e se propõe, desde 1995, a ser um espaço aberto para os debates sobre ensino e aprendizagem de química no Brasil, estando disponível gratuitamente para o acesso em seu portal³.

Para a seleção dos trabalhos utilizou-se o termo ‘efeito estufa’ no mecanismo de busca disponibilizado no portal da QNEsc⁴. Foram localizados 26 trabalhos e como critérios de seleção foram estabelecidos o recorte temporal, referente ao período entre 2002 até 2022⁵, e a elaboração de propostas de ensino para a

³ Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/index_site.php.

⁴ No portal existem duas opções de busca: apenas entre as publicações da Sociedade Brasileira de Química, com opções de seleção das revistas e outra opção, que apresenta os resultados localizados pelo Google.

⁵ publicados até o mês de outubro de 2022.

abordagem do tema efeito estufa. Os trabalhos foram lidos na íntegra e foram selecionados cinco artigos, conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Trabalhos sobre o tema efeito estufa publicados na QNEsc (2002 a 2022)

	Título	Autor(es)	Ano
1	Ensinando a Química do Efeito Estufa no Ensino Médio: Possibilidades e Limites	SILVA, C. N. D.; LOBATO, A. C.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L.; QUADROS, A. L.	2009
2	Reações de Combustão e Impacto Ambiental por meio de Resolução de Problemas e Atividades Experimentais.	GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T.	2009
3	Efeito Estufa Usando Material Alternativo	GUIMARÃES, C.C.; DORN, R. C.	2015
4	Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima	PELEGRINI, M.; ARAÚJO, W. R. B.	2018
5	Educação Ambiental no Ensino Médio: desafios e possibilidades a partir da elaboração de uma sequência didática com ênfase nas emissões de CO ₂ equivalente	FALCI, P. A.; CARVALHO, R. S.	2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As autoras Patrícia Falci e Regina Carvalho (2022) apresentam uma proposta de sequência didática (SD) desenvolvida com estudantes da 2ª série do Ensino Médio com ênfase nas emissões de CO₂ equivalentes. A sequência englobou a apresentação do projeto, leitura de texto e resolução de questões do ENEM, cálculo das emissões de CO₂ das atividades do cotidiano dos estudantes, plantio e doação de mudas e um questionário, a fim de que os estudantes avaliassem as atividades desenvolvidas. As autoras destacaram que a aplicação da SD proporcionou uma maior aproximação do cotidiano dos estudantes, colaboração na construção dos conceitos e incentivo às práticas ambientalmente corretas.

O artigo de Mara Elisângela Goi e Flávia dos Santos (2009) avalia o desenvolvimento de uma proposta de utilização de atividades experimentais no ensino sobre reações de combustão e impacto ambiental. A proposta foi realizada com 37 estudantes do 2º ano do ensino médio em uma escola de Porto Alegre. Aos estudantes foram apresentadas 5 situações-problemas, às quais eles deveriam propor estratégias experimentais para a solução. De acordo com as autoras, a proposta mostrou que a articulação entre a teoria e a prática foi favorecida pela resolução de problemas, desenvolvendo as habilidades criativas dos estudantes e mobilizando conhecimentos e habilidades.

Guimarães e Dorn (2015) propuseram a utilização de um protótipo, construído através de materiais de baixo custo, para demonstrar como ocorre o aumento da temperatura com o aumento da concentração de CO₂ em uma atmosfera. A atividade de caráter experimental investigativo, produziu um sistema onde duas garrafas, uma com ar atmosférico e outra com gás carbônico, foram mantidas sob luz solar e tinham suas temperaturas monitoradas. Os autores concluíram que a experimentação tem potencial de favorecer a condição dos estudantes como agentes na construção do conhecimento. Eles também destacaram que a construção da relação entre teoria e prática deve ser mediada pela ação docente.

No artigo produzido por Pelegrini e Araújo (2018), é abordado a importância do efeito estufa e da camada de ozônio para o ensino de química. A discussão engloba a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015 (COP-21) e o Protocolo de Montreal, eventos de grande importância na política ambiental internacional. O texto foca em apresentar as relações dos fenômenos físico-químicos do efeito estufa e da camada de ozônio, descrevendo a interação entre os gases O₂ e O₃ com a radiação UV e a interação dos gases do efeito estufa com a radiação IV. Neste trabalho, os autores sugerem alguns *links* de reportagens e documentários sobre mudanças climáticas, emissão de gases de efeito estufa e COP-21, que podem beneficiar o ensino destes dois temas sob a ótica do meio ambiente e sociedade. Por fim, é destacado a presença do tema Meio Ambiente em nosso cotidiano e como este é importante quando se deseja modificar os padrões de consumo e estilo de vida.

Cristina Silva *et al.* (2009) analisaram o tema efeito estufa em livros didáticos de Ensino Médio e propõem possibilidades para trabalhá-lo em sala de

aula. Dentre os sete livros do PNLD analisados, os autores constataram que a abordagem é muito simplificada com relação ao tema, além disso, a maior parte dos livros utilizou demasiadamente o termo “reflexão”, provocando uma percepção de que o fenômeno seja simplesmente sobre reflexão/absorção de energia. Na sequência, os autores exploram o tema e sua relação com a Química e propõem esquemas e explicações simples para o aprofundamento do tema, a partir de fenômenos físico-químicos. Os autores propõem que o tema seja abordado de forma aprofundada, com um tema gerador de conhecimentos químicos importantes, e não apenas como um tema complementar.

O ENEQ é um evento bienal realizado pela comunidade de educadores químicos do Brasil. Sua primeira edição foi realizada em 1982, coordenado pelas professoras Roseli Pacheco Schnetzler e Maria Eunice Ribeiro Marcondes. Contou, por diversas vezes, com apoio da divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química, e desde a vigésima edição é realizado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Química (SCHNETZLER, 2012).

Esse evento proporciona o encontro entre docentes universitários, da educação básica e de cursos técnicos, estudantes da educação básica, da graduação e da pós-graduação para discutirem e apresentarem trabalhos na área de ensino de química. O ENEQ tem estimulado a pesquisa do ensino de química, além de promover o debate sobre avanços e limitações na área no Brasil.

Considerando o ENEQ como o evento de maior relevância na área no país, a revisão de literatura também pesquisou, nos anais dos eventos realizados entre 2002 e 2020⁶, propostas de ensino sobre a temática efeito estufa. A busca utilizou o termo “efeito estufa” e não foram localizados trabalhos nas edições de 2002 (XI), 2004 (XII) e 2006 (XIII). Nas edições de 2008 (XIV) 2010 (XV), 2012 (XVI), 2014 (XVII), 2016 (XVIII), 2018 (XIX) e 2020 (XX), foram encontrados, 1, 1, 22, 3, 4 e 1 trabalhos com esse tema, respectivamente. Dentre os resultados da busca, apenas 4 trabalhos se enquadram como propostas de ensino do tema, relacionados no Quadro 2.

⁶ A edição do ENEQ prevista para o ano de 2022 foi adiada para 2023 em decorrência da pandemia de COVID-19.

Quadro 2 - Trabalhos sobre o tema efeito estufa publicados nos anais do ENEQ (2008-2020)

	Título	Autor(es)	Ano
1	Concepções de alunos do Ensino Médio sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global numa perspectiva de ensino CTS	DUARTE, J. S.; SANTOS, É. P.; CRUZ, M. C. P.; SANTOS, L. D.; MELO, M. R.	2014
2	Árvore como um ser tecnológico no combate ao efeito estufa: contextualizando as transformações químicas numa abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).	BOMFIM, F. S.; SANTOS, L. D.; CRUZ, M. C. P.	2016
3	O uso dos aplicativos SOCRATIVE App© e WHATSAPP© como recurso para o estudo do efeito estufa	TAVARES, M. O. R.; BARBOSA, P. A.; FARIA, J. J. B.; LONGHIN, S. R.	2018
4	Gases estufa e aquecimento global: Uma proposta de Ensino de polaridade de ligações com base na Pedagogia Histórico-Crítica	LIMA JÚNIOR, A. S.; CABRAL, I. L. O.; ARAÚJO, J. H. S.; RODRIGUES, L. S.; CUNHA, M. B. M.	2020

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O trabalho realizado por Janaína Duarte *et al.* (2014) teve por objetivo levantar e avaliar a evolução das concepções de um grupo de estudantes sobre o efeito estufa, numa perspectiva de ensino CTS, utilizando durante a aula um recurso visual alternativo esquematizando a incidência de radiação solar sobre a Terra. Foi realizado em três etapas: aplicação de questionário com objetivo de sondar os conhecimentos dos estudantes sobre o tema, ministração de aula expositiva com um recurso visual alternativo. Por fim, foi realizada uma avaliação, através da qual se concluiu que a prática promoveu a relação do tema com questões CTS, além de promover a formação de novos conceitos sobre o fenômeno estudado.

Bomfim, Santos e Cruz (2016) propuseram a inserção de aulas contextualizadas, numa abordagem CTS, evidenciando a árvore como um ser tecnológico no combate ao efeito estufa. O trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de correlações entre transformações químicas e efeito estufa.

A metodologia se deu pela pré-avaliação, abordagem formativa e avaliação por meio de produção textual. As conclusões apontam a mudança conceitual inteligível dos estudantes e aproximação entre a teoria dos gases do efeito estufa com o cotidiano.

Tavares *et al.* (2018) propuseram a utilização dos aplicativos *SOCRATIVE App*® e *WHATSAPP*® como recurso no estudo do efeito estufa. Através da proposta os autores procuraram analisar as contribuições do uso destas tecnologias durante o ensino do tema. A proposta iniciou através de uma oficina de formação, onde foi apresentado o projeto aos estudantes. O trabalho utilizou a observação de um terrário, com a perspectiva de abordar questões biogeoquímicas e físicas relacionadas ao efeito estufa, utilizado como ferramentas de acompanhamento e comunicação os softwares *SOCRATIVE App*® e *WHATSAPP*®.

Os autores concluíram que o uso destes aplicativos contribuiu na comunicação remota entre as partes envolvidas, promovendo a discussão além do espaço escolar. Também foi ressaltado que o *WHATSAPP*® pode desempenhar papel inclusivo pelas funcionalidades de comunicação por áudio. O uso dos aplicativos também resultou na promoção de autonomia entre os estudantes.

O trabalho desenvolvido por Lima Júnior *et al.* (2020) realizou uma proposta, com base na Pedagogia Histórico-Crítica, sobre os gases estufa e o aquecimento global. Através deste foi procurado discutir o tema, e através da discussão, tensionar os estudantes ao uso da ciência na explicação do aquecimento global, desconstruindo declarações falsas de teor político. Os autores concluíram que esta metodologia, alicerçada na Pedagogia Histórico-Crítica é positiva para o ensino de ciências, oportunizando a compreensão de notícias através do conhecimento científico.

2.4 ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE

Fourez (2005) propõe, como proposta metodológica para a promoção da alfabetização científica e tecnológica, a ilha interdisciplinar de racionalidade. Segundo o autor, a noção de ilha interdisciplinar de racionalidade refere-se à construção de uma representação teórica para a compreensão de um

determinado tema ou situação, na qual os conhecimentos são organizados não apenas em torno de disciplinas, mas também de saberes do cotidiano. Esta forma de conhecimento se diferencia dos conhecimentos disciplinares por estar vinculada a um contexto e a um projeto que lhe dá sentido.

As ilhas de racionalidade estão em nosso dia a dia quando utilizamos conhecimentos organizados em favor de uma determinada situação, por exemplo, como escolher uma boa casa para morar, e nem sempre estão atrelados aos conhecimentos disciplinares (FOUREZ, 2005). Quando desejamos estudar temas complexos, é possível recorrer aos saberes disciplinares, valendo-se das qualidades que os conhecimentos organizados e padronizados podem prover, construindo assim, uma ilha interdisciplinar de racionalidade.

Fourez (2005) propõe três tipos de ilhas de racionalidade: a) em torno de uma noção, mais voltada aos aspectos culturais do que às práticas ligadas ao conhecimento e que se baseia em representações já estruturadas pela perspectiva científica tradicional; b) em torno de uma situação concreta, mais voltada à compreensão do funcionamento de um conceito em uma cultura, ou seja, mais voltada aos aspectos utilitários do conhecimento e c) em torno de um projeto, direcionadas à tomada de decisão e à construção de uma representação para uma determinada situação-problema.

Segundo Fourez (2005), o desenvolvimento de uma IIR deve ir além da proposição de respostas à situação-problema, assim, é fundamental que os estudantes compreendam que a mobilização dos conhecimentos científicos de diferentes disciplinas pode contribuir para a construção de uma solução para a situação-problema. “Dessa forma, essa metodologia desloca a ênfase do ensino disciplinar para os aspectos relacionados ao cotidiano do aluno, sem ignorar os conhecimentos científicos” (BETTANIN, 2003, p. 36).

A construção de uma IIR envolve algumas etapas para estruturar as atividades e evitar que se torne muito abrangente. Inicialmente, Fourez (2005) propõe oito etapas, mas ressalta que é possível suprimir ou agrupar algumas dessas etapas. A etapa 1 consiste na realização de um **clichê da situação-problema**, a partir das concepções que os estudantes trazem a respeito do tema. Este levantamento tende a trazer hipóteses, apontamentos, valores e pré-julgamentos e permite que novos conhecimentos sejam construídos através dos saberes trazidos pelos estudantes.

A segunda etapa, denominada de **panorama espontâneo**, deve permitir a ampliação dos clichês da primeira etapa, isto é, um aprofundamento da situação-problema, sem a ajuda de especialistas. Nesta etapa, incluem-se as seguintes ações (SCHMITZ, 2004; BETTANIN, 2003; SILVA, R., 2001):

- Listar os atores envolvidos: apontar os agentes sociais ou individuais da situação estudada. Por exemplo, caso a situação-problema envolvesse o enfrentamento ao efeito estufa, deveriam ser levantados órgãos não governamentais ambientais, Ministério do Meio Ambiente, órgãos de fiscalização ambiental, políticos em geral e sociedade civil.
- Pesquisa de normas e condições impostas pela situação: cabe aqui trazer à tona quais as normas e condições (técnicas, políticas e culturais, por exemplo) que permeiam a situação estudada. No caso do exemplo anterior, seria necessário avaliar normativas técnicas, legislações e relação da comunidade com a exploração dos recursos naturais, por exemplo.
- Listar posturas e tensões: relacionar os interesses, vantagens, desvantagens e escolhas referentes ao problema em estudo.
- Levantamento das caixas-pretas: decidir as caixas-pretas, cuja abertura é importante para o desenvolvimento do projeto. As caixas-pretas são noções - conteúdos ou conhecimentos - dos quais não é necessário saber tudo para poder utilizá-los. Por exemplo, para compreendermos o enfrentamento ao efeito estufa pode ser interessante conhecermos como os usos do solo impactam na concentração de CO₂ na atmosfera.
- Lista de bifurcações: são pontos ou situações que envolvem a tomada de decisão dos agentes da situação-problema. Por exemplo, promover o uso de carros elétricos, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis ou continuar com os veículos a combustão, uma vez que as baterias dos carros elétricos podem se tornar poluentes problemáticos.
- Especialistas e especialidades pertinentes: esta etapa tem por objetivo apontar especialistas capazes de auxiliar na abertura das caixas-pretas. Seguindo o exemplo anterior, poderíamos buscar por ambientalistas, servidores dos órgãos ambientais, professores e pesquisadores de geografia, física, entre outras áreas.

A terceira etapa consiste na **consulta aos especialistas e especialidades**, conforme decisão dos estudantes envolvidos no projeto. Estes especialistas podem ser professores das disciplinas escolares, porém, a consulta a especialistas externos à escola pode permitir a ampliação dos conhecimentos, através de trocas de conhecimentos com outros setores da sociedade. Nesta etapa caberá aos estudantes definirem quais caixas-pretas serão abertas e quais permanecerão fechadas.

A quarta etapa, denominada **trabalho de campo**, permite que os estudantes aprofundem os conhecimentos estudados por meio de situações práticas, realizando visitas técnicas, observações da situação-problema, entrevistas ou uso de laboratórios. Nessa etapa os estudantes saem do abstrato e entram em contato com o concreto, ou seja, o caráter teórico é confrontado com a prática (SCHMITZ, 2004).

A quinta etapa deve permitir a **abertura aprofundada de caixas-pretas e a descoberta de princípios disciplinares**. Cabe aqui um ato de pesquisa minucioso a respeito das caixas-pretas a serem abertas, empregando ou não o auxílio de especialistas. Bettanin (2003) destaca que o foco desta etapa deve ser a alfabetização científica e tecnológica, devendo-se privilegiar escolhas que a favoreçam, o que implica em não necessariamente se restringir aos conteúdos disciplinares.

Na sexta etapa elabora-se uma **síntese parcial da Ilha** para apontar aspectos importantes abordados e selecionados pelos estudantes de cada grupo. Isso pode ser feito por meio de um esquema, resumo ou outro recurso que apresente uma representação teórica prévia da situação-problema (FOUREZ, 2005; SCHMITZ, 2004; BETTANIN, 2001).

A sétima etapa consiste em **abrir algumas caixas-pretas sem o auxílio de especialistas**. Somados aos conhecimentos previamente adquiridos pelos estudantes, estes podem consultar livros, artigos, bancos de dados e entre outras fontes para o aprofundamento. É uma etapa de desenvolvimento da autonomia, onde o professor pode auxiliar na consulta de fontes seguras de informação. Schmitz (2004, p. 115) destaca que, nesta etapa, o professor deve ter cautela porque, ao interferir em demasia, “pode prejudicar o desenvolvimento da IR e os objetivos não serem alcançados”.

Na oitava e última etapa apresenta-se uma **síntese da IIR**, que “deverá conter todos os elementos pensados ao longo do projeto e deve resultar em um produto final”, que apresente uma possível solução à situação problema apresentada no clichê (SCHMITZ, 2004, p. 118). A escolha do produto-final deverá ser negociada com os participantes do grupo, uma vez que através da sua percepção da realidade estudada construirão a sua própria visão sobre o tema.

É fundamental que o professor elabore o planejamento antes de iniciar a IIR e essa etapa é denominada por Schmitz (2004) de etapa zero. Desta forma, este trabalho se dedica à elaboração da etapa zero como uma proposta para amparar professores no desenvolvimento de uma IIR sobre o tema Efeito Estufa.

2.4.1. Planejamento de uma ilha interdisciplinar de racionalidade

O planejamento é um ato político-pedagógico, que demonstra a intencionalidade do ensino - o que se deseja realizar e o que se pretende atingir - e deve ser compreendido como um processo constante - antes, durante e depois do processo pedagógico - o que implica estar preparado para adaptar-se às novas situações que venham a surgir durante a sua execução (LEAL, 2005; LÜCK, 2011). O planejamento de uma IIR deve ser consciente de que os estudantes irão conduzir o andamento, logo, o professor não deve “engessar” o projeto a ser realizado. Schmitz (2004) aponta que:

Nesta fase preliminar, o professor elabora a Situação-Problema levando em consideração as condições de aplicabilidade do projeto, com relação ao material didático, recursos humanos, fontes de informação, a questão tempo, técnicas a serem adotadas, quando e como realizar a avaliação ou a conscientização dos objetivos propostos, entre outros. Se o professor não tem conhecimento sobre o assunto abordado na Situação-Problema, é interessante que ele se familiarize, pesquisando na internet, lendo artigos, livros ou consultando alguns especialistas [...] (SCHMITZ, 2004, p. 77).

O autor destaca que dentro da IIR, o professor deve conhecer as necessidades e possibilidades dos seus alunos e os recursos disponíveis, a fim de garantir a viabilidade do processo. Cabe também ao professor, levantar as possibilidades, de modo que esteja preparado para melhor orientar o desenvolvimento da IIR mediante as escolhas dos estudantes. A ilha permite que o conteúdo seja direcionado pelos interesses dos estudantes, logo, algum

aspecto do tema estudado pode ser priorizado, ou ainda, alguma vertente dentro dos conhecimentos empregados pode incidir em diferentes abordagens sobre um determinado tema. A etapa zero deve amparar o professor na orientação do andamento da pesquisa, sem retirar a autonomia dos estudantes, para que os objetivos propostos sejam alcançados.

A etapa zero da IIR é dividida em duas etapas: conhecimento da realidade e elaboração do plano. O *conhecimento da realidade* dos estudantes é parte fundamental do processo de planejamento e, sendo o ponto de partida, o professor deve fazer uma análise crítica das possibilidades, dificuldades e interesses que podem surgir, de modo que venha a planejar sua ação didática da maneira mais proveitosa possível (SCHMITZ, 2004).

A *elaboração do plano* é composta pelas seguintes etapas: (a) determinação dos objetivos; (b) seleção e organização dos conteúdos; (c) seleção e organização dos procedimentos de ensino; (d) seleção de recursos; (e) seleção de procedimentos de avaliação e (f) estruturação do plano de ensino.

O objetivo da IIR é o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica, logo, os objetivos pedagógicos da IIR devem estar direcionados ao desenvolvimento de autonomia, da capacidade de comunicação, do domínio do conhecimento e da tomada de decisões perante situações do cotidiano (FOUREZ, 2005).

Durante o planejamento, o professor também deve considerar os recursos disponíveis. Esses recursos podem ser humanos, como os professores, os especialistas e os alunos, e materiais, como laboratórios, materiais didáticos e computadores, por exemplo. Mapear os recursos disponíveis pode prevenir ações precipitadas que venham a se tornar em frustrações ao projeto (SCHMITZ, 2004).

Em um projeto interdisciplinar é fundamental que se conheça os caminhos que podem ser tomados pelo grupo e isto quer dizer que é necessário prever os conhecimentos que podem ser envolvidos. Nesse sentido, Schmitz (2004) aponta que estes conhecimentos estarão atrelados às caixas-pretas relacionadas ao projeto e, dessa forma, propõe que o professor faça um esquema em torno da situação-problema, levantando as possíveis caixas-pretas (seus caminhos, tópicos e conteúdos) que podem participar do desenvolvimento do projeto.

A partir dos pontos levantados anteriormente, o professor deve definir quais ações serão tomadas durante o desenvolvimento da IIR. De acordo com Schmitz (2004), apesar da autonomia dos participantes no projeto, o professor pode prever algumas ações para alcançar os objetivos definidos, como a estratégia a ser usada no clichê (etapa 1) - o professor pode utilizar um vídeo, um artigo ou um texto de divulgação científica, por exemplo - para instigar o debate entre os estudantes. Cabe ao professor também planejar o uso dos recursos disponíveis, como tempo e espaços - uma vez que a IIR pode ter uma longa duração. Nessa etapa, o professor também pode definir qual a produção desejada e quais as formas de avaliação que serão empregadas.

3. METODOLOGIA

Para elaborar a proposta de IIR sobre efeito estufa para o ensino médio, analisamos o caráter CTS do tema efeito estufa. Desta forma, este trabalho tem natureza de pesquisa qualitativa, isto é, tem por objetivo explorar e compreender significados que os indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano (CRESWELL, 2020). Nos apoiamos nos fundamentos da pesquisa descritiva e exploratória. Exploratória na medida que esta pesquisa procurou ampliar a compreensão sobre um objeto de estudo pouco estudado e descritiva quando nos propomos a descrever um fenômeno e as relações entre as suas variáveis (GIL, 2002).

Em termos práticos, esta pesquisa se apoiou em uma revisão de literatura dos trabalhos que investigaram estratégias metodológicas como abordagem ao tema efeito estufa no ensino de química na revista QNEsc e no ENEQ. Por meio desta revisão de literatura, investigamos a recorrência de trabalhos acadêmicos sobre o efeito estufa no ensino de química e procuramos analisar o caráter CTS do tema. Por fim, elaboramos o planejamento de uma IIR para o tema efeito estufa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O CARÁTER CTS DO TEMA EFEITO ESTUFA

As mudanças climáticas se tornaram pauta global, principalmente a partir da década de 1960 (PORTO-GONÇALVES, 2006), mediante aos impactos climáticos, como secas extremas, derretimento de geleiras e poluição atmosférica, cada vez mais notáveis. A Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo, é considerada o marco da ecopolítica internacional, levando os debates ambientais a um patamar global, assumindo a responsabilidade de repensar o desenvolvimento sustentável, a partir de um crescimento econômico pautado nas problemáticas ambientais (NASCIMENTO, 2014).

Apesar dos avanços na política ambiental internacional, marcados pelas conferências de Estocolmo, RIO-92⁷ e COP-21⁸, e das evidências científicas do aquecimento global existir e estar relacionado à ação humana, crescem movimentos de negação climática. Estes grupos se opõem às evidências da existência e antropogenicidade das mudanças climáticas que ocorrem no planeta. De acordo com López (2021), o movimento do negacionismo climático atua em três vertentes: científica (descredibiliza as evidências científicas e alimentam teorias conspiratórias contra o meio científico), econômica (alegam que as políticas para solucionar as questões climáticas são caras demais para serem realizadas) e política (atuam terceirizando a culpa dos eventos climáticos às outras nações).

No Brasil, o termo “Efeito Estufa” começou a ocupar os jornais e as falas de políticos, especialmente em 1994, quatro anos antes da assinatura do protocolo de Kyoto⁹. A institucionalização do planejamento ambiental no país

⁷ Conferência internacional realizada em 1992, no Rio de Janeiro, cujo tema central foi o debate sobre desenvolvimento sustentável e como reverter o processo de degradação ambiental, em âmbito global. (MARTINS *et al.*, 2015)

⁸ Conferência internacional realizada em Paris em 2015, com o objetivo de criar um acordo climático internacional entre os 196 Estados-Partes participantes, para a redução da emissão de gases de efeito estufa (PELEGRINI; ARAÚJO, 2018).

⁹ Protocolo realizado no Japão, considerado um “marco nos esforços internacionais para o enfrentamento das mudanças climáticas, estabelecendo um compromisso legal de redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa” (MIGUEL, 2022).

ganhou forças em 2007, com a elaboração do Plano Nacional sobre Mudanças do Clima e em 2009, com a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (MIGUEL, 2022). O autor aponta que o negacionismo climático ganhou forças no país em meados de 2007, quando Olavo de Carvalho inferiu, em artigo na Folha de São Paulo, que a teoria da origem humana do aquecimento global é “alimentada pela santa aliança da mídia chique, dos organismos internacionais, da militância esquerdista organizada e das grandes fortunas” (CARVALHO, O., 2007, n. p) e José Carlos de Azevedo defendeu que os cientistas climáticos são oportunistas e que as mudanças climáticas são uma falácia, em artigo no Jornal do Comércio (AZEVEDO, 2007).

Diversos autores apontam o uso político do negacionismo climático pelo presidente Jair Bolsonaro e seus aliados, como Olavo de Carvalho, Ernesto Araújo, Ricardo Salles e Eduardo Bolsonaro (DUARTE, A.; CÉSAR, 2020; FRANCHINI; MAUAD; VIOLA, 2020; MIGUEL, 2022; VON BEHR, 2022). O negacionismo climático não se restringe à retórica bolsonarista, estando representada em diversos atos governamentais, como o corte de 93% da verba para pesquisa em mudanças climáticas (PRAZERES, 2021) e extinção do Comitê Orientador do Fundo Amazônia e do Comitê Técnico do Fundo Amazônia, sucessivos cortes de orçamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), boicote a ações de fiscalização, perseguição de servidores de órgãos ambientais, além de outras medidas, conforme apontado pelo Observatório do Clima¹⁰ (ANGELO *et al.*, 2021). Mediante ao desgoverno climático apresentado na atualidade no país, Luiz Marques (2022) faz dois apontamentos:

1. o Brasil avança aceleradamente em uma trajetória de perda irreversível do que resta de suas florestas e demais coberturas vegetais;
2. a habitabilidade do Brasil, nomeadamente seu clima, chuvas, salubridade, segurança alimentar e hídrica, depende em larga medida de sua capacidade de cessar imediatamente a destruição e de passar à restauração do ainda restaurável (MARQUES, L., 2022, p. 179).

A ciência não atua somente na criação de novas tecnologias, mas também orienta a elaboração de políticas públicas que permitam o uso

¹⁰ O Observatório do Clima é uma rede de organizações da sociedade civil brasileira, fundada em 2002 para discutir mudanças climáticas (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2022).

consciente dessas tecnologias (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Dessa forma, políticas públicas baseadas no negacionismo climático, tendem a levar a um avanço na degradação do ecossistema. Uma abordagem CTS pode levar a uma nova compreensão sobre o uso das ciências e tecnologias, baseadas nos aspectos sociais que as envolvem, “tanto no que concerne aos fatores sociais que influem na mudança científica-tecnológica, como no que diz respeito às consequências sociais e ambientais” (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003, p. 119).

Uma educação CTS, atuante na formação de cidadãos alfabetizados cientificamente, não pode ser construída mediante uma visão de neutralidade da ciência, uma vez que os fenômenos científico-tecnológicos impactam e são impactados pelas ações antropogênicas (FOUREZ, 1995). Cabe ainda ressaltar que a educação CTS tem por papel, promover um olhar crítico sobre as consequências da ciência e tecnologia, a entender que o desenvolvimento científico tecnológico, não é, por si só, um promotor da melhoria de bem-estar social (SIQUEIRA *et al.*, 2021; BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

No Brasil, a emissão de gases do efeito estufa é majoritariamente proveniente da mudança de uso da terra e florestas, conforme aponta o Observatório do Clima (ANGELO *et al.*, 2021). O instituto destaca que no ano de 2020, houve um aumento de 9,5% das emissões, mesmo diante de uma redução global de 7%, perante a pandemia de COVID-19, em decorrência dos avanços no desmatamento e queimadas no Cerrado e Amazônia. Políticas de fomento à economia de extração e agropecuária de extensão acabam por impulsionar este processo.

Dentre os trabalhos analisados na seção 2.3, é evidenciada a relevância do tema Efeito Estufa para o aprofundamento de conhecimentos científicos e sociais. As estratégias didáticas propostas estão direcionadas à formação do conhecimento através da interdisciplinaridade, à participação ativa dos estudantes, como por meio de atividades experimentais investigativas, e estabelecendo relações do tema com o cotidiano dos estudantes. Também foi destacada a relevância do ensino do efeito estufa para a formação de conhecimentos significativos, especialmente, em relação às causas ambientais.

O número de trabalhos encontrados, na revisão de literatura, que propõem estratégias didáticas para o ensino do tema é pequeno, em relação ao

período analisado e a relevância do tema. Nardotto e Bernardelli (2019) evidenciaram uma carência de pesquisas na área de ensino de química voltadas para o conceito de química verde, ainda que o direito à educação ambiental esteja amparado pela Constituição Federal, que incumbe ao Poder Público “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BRASIL, 1988 art. 225, inc. VI).

A escassez de pesquisas que propõem estratégias didáticas para o ensino de efeito estufa pode estar relacionada a dois fatores: a complexidade e a abrangência dos conhecimentos envolvidos. O primeiro fator ocorre em decorrência da complexidade dos conteúdos químicos como, radiação eletromagnética, interação entre radiação e matéria, natureza das ligações químicas e reações de combustão. Reiteramos que a abordagem do tema não pode se restringir aos conteúdos químicos, e conforme aponta Denari (2019), o efeito estufa engloba diversas esferas do conhecimento por si só e dissociar uma destas esferas das demais pode levar ao pensamento simplista e fragmentado, corroborando com o segundo ponto.

Mediante a iminência de uma catástrofe climática em decorrência da emissão de gases do efeito estufa, este tema ganha ainda mais relevância para uma perspectiva de educação transformadora. O tema Efeito Estufa tem forte caráter interdisciplinar e pode ser abordado sob diferentes óticas no ensino de Química, Física, Biologia, Geografia, Sociologia, também podendo ser incorporado ao ensino de todas as outras disciplinas.

O efeito estufa é um fenômeno científico na visão de que a sua compreensão é objeto de estudo da química: a interação matéria-radiação, a composição da atmosfera, formação de gases do efeito estufa e reações de combustão. Do ponto de vista tecnológico, o efeito estufa é influenciado diretamente pelo modo como os seres humanos interagem com a realidade construída por ele mesmo, seja no uso predatório de recursos naturais ou através do uso de satélites para monitoramento de áreas devastadas, por exemplo. É na base social que englobamos as transformações sociais ocasionadas pelo aquecimento global, decorrente do efeito estufa, e que compreendemos como o fenômeno é afetado pela maneira de governar das nações.

Compreender o efeito estufa é fundamental para uma alfabetização científica que permita o desenvolvimento de criticidade sobre as políticas climáticas e possa provisionar ao cidadão as ferramentas para compreender como suas escolhas são capazes de afetar o futuro global, impactando diretamente sobre a sua realidade.

4.2 EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DE IIR

O tema efeito estufa tem dimensão interdisciplinar, conforme destacamos anteriormente, além de forte caráter CTS, podendo ser explorado por meio de uma IIR. Nesta proposta, nos ateremos ao desenvolvimento de uma “etapa zero”, ou seja, ao planejamento de uma IIR sobre o tema efeito estufa.

4.2.1 Situação-problema

O efeito estufa é constantemente questionado por negacionistas climáticos. Um dos argumentos empregados pelos negacionistas é propor que períodos de frio anormal são contradições ao aquecimento global¹¹. As consequências do efeito estufa impactam no cotidiano das pessoas, seja pelos climas extremos, pela má qualidade do ar, ou pelos impactos na produção de alimentos. Políticos de diversos países utilizam deste fenômeno em seus discursos eleitorais e ações governamentais. Todos estes aspectos podem ser utilizados para correlacionar a temática com a realidade dos estudantes e outras áreas do conhecimento. A partir destes argumentos, propõe-se a seguinte situação problema:

“Em tweet, o vereador Carlos Bolsonaro questiona a existência do efeito estufa.
@CarlosBolsonaro: "Só por curiosidade: quando está quente a culpa é sempre do possível aquecimento global e quando está frio fora do normal como é que

¹¹ Ernesto Araújo questiona aquecimento global com base em onda de frio em uma primavera italiana: <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/breves/ernesto-araujo-onda-frio-nega-aquecimento-global/>; Donald Trump ironiza aquecimento global mediante frio extremo nos Estados Unidos: <https://www.rfi.fr/br/americas/20171229-diante-de-onda-de-frio-nos-eua-trump-ironiza-aquecimento-global/>; Carlos Bolsonaro questiona aquecimento global em contraponto ao aquecimento global: <https://twitter.com/carlosbolsonaro/status/1147863151054073857>.

se chama?". Como podemos esclarecer as implicações climáticas e sociais do efeito estufa?"

Além do papel de organizar e executar o projeto, o professor também poderá atuar como um especialista a ser consultado pelos estudantes (FOUREZ, 1995). Exercer estes três papéis exigirá que o professor tenha domínio sobre parte dos assuntos a serem trabalhados. Desta forma, selecionamos uma série de fontes de informação sobre o tema - além dos supracitados na revisão de literatura desta pesquisa -, de fácil acesso e em língua portuguesa, para que o professor se prepare para a realização da IIR, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Trabalhos sobre o tema efeito estufa para consulta pelos professores

	Título	Autor(es)	Link de acesso	Ano
1	Química atmosférica: a química sobre as nossas cabeças	MOZETO, A. A.	http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/atmosfera.pdf	2001
2	A Química no Efeito Estufa	TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.	http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/quimsoc.pdf	1998
3	Portal SEEG	SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	http://seeg.eco.br/	2022
4	Mudança Climática Global	UNIVESP	https://www.youtube.com/playlist?list=PL91129CFCBC9B3D13	2016

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Mozeto (2001) resumiu os principais conceitos e fenômenos acerca da química atmosférica, como o efeito estufa, a depleção da camada de ozônio e a poluição ambiental interna. A química atmosférica é a subárea da química que estuda algumas concepções importantes sobre a temática, como a composição da atmosfera terrestre e sua evolução ao longo do tempo, desta forma, o artigo de Mozeto pode auxiliar para ampliar a compreensão do professor a respeito de

outros conteúdos ligados ao efeito estufa. O texto de caráter didático, é de fácil leitura, e pode ser usado como material de apoio aos estudantes para a abertura de caixas-pretas.

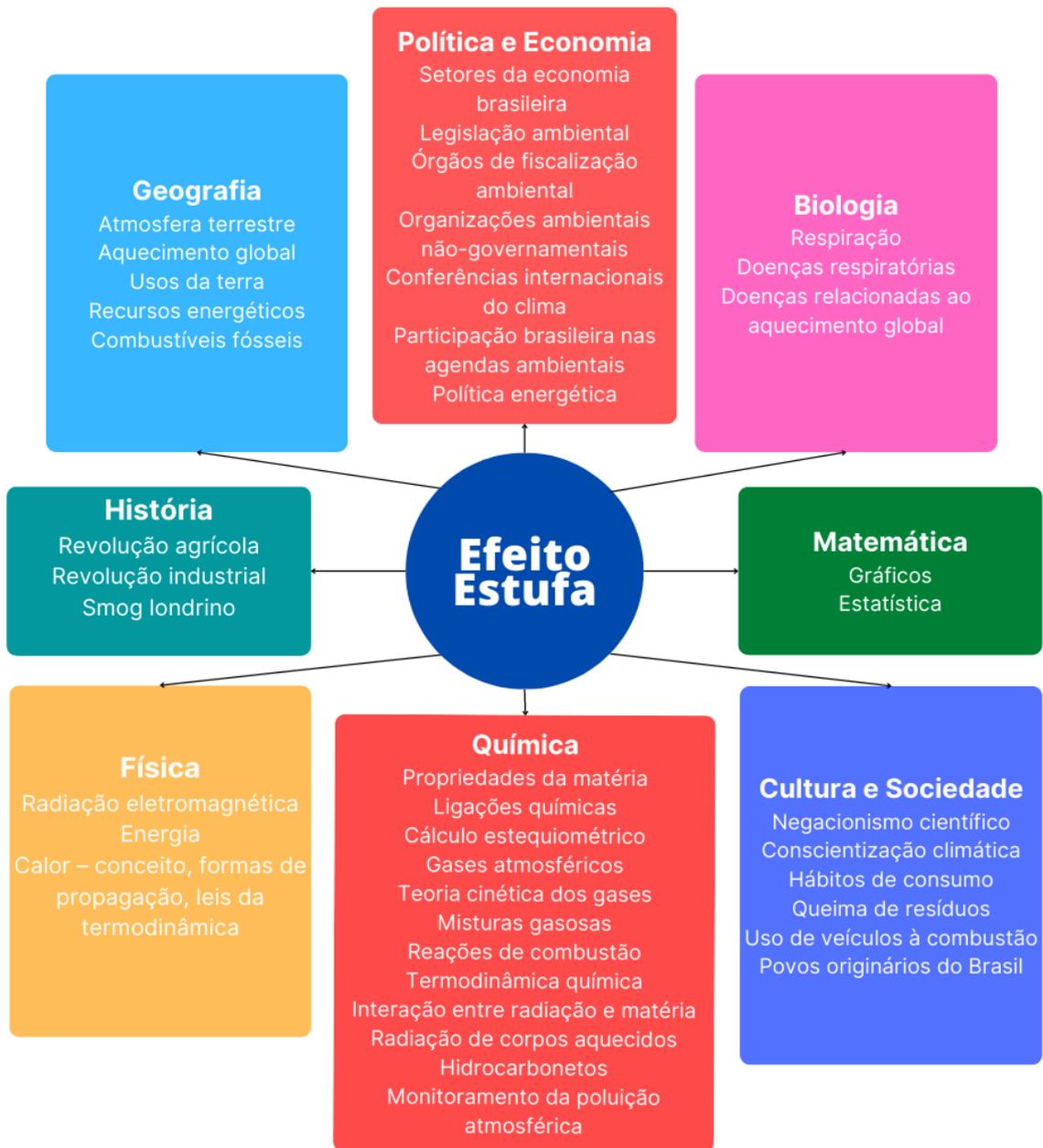
Tolentino e Rocha-Filho (1998) tratam do tema efeito estufa explorando as implicações e bases químicas do seu agravamento. Este trabalho aborda sobre o efeito estufa de forma coesa, explicando o fenômeno efeito estufa através de seu caráter físico-químico e também relacionando às suas causas e consequências. Pode também ser aproveitado, em partes ou integralmente, como material de apoio aos estudantes, desde que com auxílio do professor para o esclarecimento de conceitos mais complexos.

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) é uma iniciativa do Observatório do Clima com a finalidade de estimar as produções de gases de efeito estufa pelos cinco setores que são fonte de emissão: Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso da Terra, Processos Industriais e Resíduos (SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA, 2022). Os dados são divulgados no portal e podem ser filtrados por localidade, setor ou atividade econômica. Além do vasto banco de dados, a plataforma também disponibiliza infográficos, relatórios e vídeos. O SEEG propõe 87 soluções para promover a redução dos gases de efeito estufa, que podem ser utilizadas em contexto de sala de aula para instigar ao debate.

No canal UNIVESP (2016), no *YouTube*, é possível assistir ao curso livre Mudança Climática Global, onde o professor Carlos Henrique de Brito Cruz leciona uma série de 5 aulas sobre mudanças climáticas, com foco no efeito estufa. Além de ensinar os conceitos necessários para a compreensão do efeito estufa, o professor também explora cálculos matemáticos, dados sobre as mudanças climáticas, fatos históricos e sobre a origem e impactos do fenômeno.

Conforme já discutimos, o tema efeito estufa está conectado a diversos outros conhecimentos, logo, pode servir como tema norteador para a abertura de diversas caixas-pretas. Propomos uma organização dos possíveis conteúdos a serem trabalhados na IIR em forma de esquema, conforme a Figura 1. Além disso, uma síntese da IIR proposta, com sugestões para o desenvolvimento da mesma é apresentada no Quadro 4.

Figura 1 - Esquema dos conteúdos relacionados ao tema efeito estufa



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Quadro 4 - Síntese da etapa zero da IIR sobre efeito estufa

Atividades	Sugestão para o desenvolvimento
Contexto	O negacionismo da existência e antropogenicidade das mudanças climáticas no planeta, bem como os respectivos impactos ambientais.
Objetivos	Construir uma representação ou modelo para explicar as implicações climáticas e sociais do efeito estufa. Por meio do estudo da situação problema, verificar possibilidades de desenvolver a capacidade de tomada de decisões razoáveis e racionais, o domínio do conhecimento pelos estudantes (saber-fazer e poder-fazer), a comunicação sobre a situação estudada e as formas de fazê-la (produto final)
Seleção e organização dos conteúdos	Conforme Figura 1
Aulas destinadas para a realização da IIR	Adequar o tempo disponível de acordo com a quantidade de aulas semanais e o cronograma da escola
Recursos disponíveis	<ul style="list-style-type: none"> - Materiais: equipamentos e espaços físicos que a escola e/ou os alunos dispõem; - Humanos: professor da disciplina, outros professores da escola, especialistas, pessoas que podem ser entrevistadas
Apresentação da situação-problema	Publicação no <i>Twitter</i> feita por Carlos Bolsonaro questionando a existência do efeito estufa
Elementos da situação-problema	Usar o esquema representado na Figura 1 para orientar a escolha dos elementos da situação-problema a serem pesquisados. O professor também pode orientar os estudantes a elaborarem perguntas para delimitar a situação-problema
Destinatários do produto final	Estudantes do Ensino Médio
Forma de trabalho e distribuição das tarefas	Permitir que os estudantes escolham trabalhar em pequenos grupos ou em um grande grupo, desde que sejam atribuídas responsabilidades com pesos iguais para todos os participantes de cada grupo.
Produto final	Vídeo, <i>podcast</i> , carrossel de imagens para o Instagram e/ou vídeo para o TikTok
Avaliação	Atribuir uma pontuação ou peso maior para o produto final elaborado pelos grupos, utilizando o domínio do conteúdo, capacidade de comunicação e posicionamento crítico como critérios.

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

As atividades propostas no Quadro 4 devem nortear as ações do professor, respeitando o contexto e a autonomia dos estudantes. Dessa forma, acreditamos que seja possível desenvolver uma abordagem CTS sobre o tema efeito estufa que possibilite a compreensão da importância das questões climáticas, através de conhecimentos interdisciplinares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito estufa é um fenômeno climático fundamental para a existência da vida na Terra e vêm sendo estudado há séculos. Estudá-lo tem servido para que compreendamos e possamos tomar decisões que reduzam o seu aumento indesejado. Apesar de ser um consenso no meio científico, que o efeito estufa está relacionado às atividades humanas, diversas personalidades políticas e midiáticas promovem uma versão contrária deste fato, ou negam sua existência, em prol de interesses pessoais.

A escalada de velocidade da informação nos tempos atuais contribuiu para o crescimento de teorias conspiratórias e propagação de discursos falaciosos. Nos alinhamos com Fourez (2005; 1995), que propõe uma educação que permita a alfabetização científica - que promova autonomia, capacidade de comunicação e domínio e responsabilidade - na perspectiva de uma clareza maior sobre fenômenos como o efeito estufa. No que concerne ao efeito estufa, compreender suas causas e consequências possibilitará uma tomada de decisão mais acertada em decisões políticas, culturais e tecnológicas, em favor da mitigação do aquecimento global.

A investigação da recorrência de trabalhos acadêmicos sobre efeito estufa direcionados ao ensino de química revelou uma carência de pesquisas nesta área, na revista e no congresso analisados, o que pode estar relacionado à complexidade e à abrangência do tema. A pesquisa também evidenciou a importância do efeito estufa como tema norteador para diversos conhecimentos, especialmente para a construção de criticidade em relação aos temas ambientais. Os trabalhos, de modo geral, convergiram em favor de um ensino contextualizado, interdisciplinar e que favoreça a participação ativa dos estudantes.

O caráter CTS do efeito estufa ficou evidenciado pela forma como os diferentes conhecimentos relacionados ao tema, se conectam entre si e ao contexto do estudante. O tema permite uma ampla gama de questionamentos, logo, pode servir de ponto de partida para o aprofundamento em outros conhecimentos, curriculares e não-curriculares, importantes para uma tomada de decisão crítica diante dos problemas sociais.

Algumas fontes de informação foram recomendadas para auxiliar os professores na implementação da IIR proposta. Essas fontes de informação são de fácil acesso e compreensão, e podem auxiliar o professor na obtenção de conhecimento sobre o efeito estufa, um tema cingido a informações falaciosas.

Acreditamos que a estrutura proposta seja suficiente para amparar professores para a execução da IIR sobre efeito estufa no contexto do ensino de química. A estrutura é uma sugestão e deve ser adaptada pelo contexto e pelas decisões tomadas pelo grupo durante a sua prática. Destacamos que um planejamento adequado deve aumentar o potencial de promoção da alfabetização científica, e permitir ao professor orientar seus estudantes de forma a esclarecer argumentações mentirosas e mal intencionadas.

A pesquisa se limitou a analisar o tema efeito estufa e propor uma abordagem CTS para o ensino de química, entretanto, para uma real avaliação do potencial da proposta sugerimos que esta seja realizada em diferentes turmas e contextos, de modo que se possa avaliar o aprendizado promovido entre os estudantes. Dessa forma, deve ser possível amadurecer a proposta, indicando quais as melhores estratégias para atingir seus objetivos.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. Research into STS science education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, 2009.

ALLCOTT, H.; GENTZKOW, M. Social media and fake news in the 2016 election. *Journal of Economic Perspectives, Pittsburgh*, v. 31, n. 2, p. 211-36, 2017.

ANGELO, C.; WERNECK, F.; SORDI, J.; ARAÚJO, S. “Passando a Boiada”. O segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro. *Observatório do Clima*. Relatório. 2021.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: Saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos avançados*, v. 34, n. 100, 2020.

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

AZEVEDO, J. C. O aquecimento da Terra. *O Estado de S. Paulo*, 07 nov. 2007.

BAIRD, C.; CANN, M. *Química ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BARRETO, E. S. Crise climática e o Gren New Deal: uma primeira aproximação crítica. *Revista Fim do Mundo*, n. 2, mai/ago 2020. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/RFM/article/view/10276>. Acesso em 19 de outubro de 2022.

BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. (Eds). *Introdução aos estudos CTS* (Ciências, Tecnologia e Sociedade). Cadernos de Ibero-América, Ed. Organização dos Estados Ibero-americanos para Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

BETTANIN, E. As ilhas de racionalidade na promoção dos objetivos da alfabetização científica e técnica. 160 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85223/199773.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 nov. 2022.

BOMFIM, F. S.; SANTOS, L. D.; CRUZ, M. C. P. Árvore como um ser tecnológico no combate ao efeito estufa: contextualizando as transformações químicas numa abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 18., 2016, Florianópolis. *Anais [...]*. São Paulo: SBQ, 2016.

BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. *Ciência Ambiental – Terra: um planeta vivo*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil*.

Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 05 dez. 2022.

BRITO, G. F. S. SODRÉ, F. F. ALMEIDA, F. V. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. *Revista Virtual de Química*, v. 10, n. 5, p. 1335-1354, 2018.

CACHAPUZ, A. C.; PÉREZ, D. G.; CARVALHO, A. M.; PRAIA, J. *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CANELA, M. C.; FOSTIER, A. H.; GRASSI, M. T. A Química Ambiental no Brasil nos 40 anos da SBQ. *Química Nova*, São Paulo, v. 40, n. 6, p. 634-642, 2017. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/AG20170130.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

CARVALHO, O. de. Ciência ou palhaçada? *Jornal Diário do Comércio*, 21 maio 2007.

CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], v. 8, jun. 2011. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, ANPEd, n. 26, 2003a, p. 89-100.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003b.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: Editora da Ufba, 2018.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2020.

DENARI, G. B. *Relação entre complexidade e história da Ciência: contribuições a partir do tema efeito estufa na análise de um curso de formação*. 2019. 172 f. TCC (Graduação) - Curso de Educação Para Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

DUARTE, J. S.; SANTOS, É. P.; CRUZ, M. C. P.; SANTOS, L. D.; MELO, M. R. Concepções de alunos do Ensino Médio sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global numa perspectiva de ensino CTS. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 2014, Ouro Preto. *Anais [...]*. São Paulo: SBQ, 2014. p. 3796-3804.

DUARTE, A. M.; CÉSAR, M. R. A. Negação da Política e Negacionismo como

Política: pandemia e democracia. *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v. 4, n. 45, p. 1-22, 2020.

FALCI, P. A.; CARVALHO, R. S. A Educação Ambiental no Ensino Médio: desafios e possibilidades a partir da elaboração de uma sequência didática com ênfase nas emissões de CO₂ equivalente. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 287-294, ago. 2022.

FOUREZ, G. *Alfabetización Científica y Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. 1 ed. 3. reimp. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 2005.

FOUREZ, G. El Movimiento Ciencia, Tecnología e Sociedad (CTS) y la Enseñanza de las Ciencias. *Perspectivas UNESCO*, v. 25, n.1, p.27- 40, mar. 1995.

FRANCHINI, M.; MAUAD, A. C. E.; VIOLA, E. De Lula a Bolsonaro: una década de degradación de la gobernanza climática en brasil. *Análisis Político*, Bogotá, v. 33, n. 99, p. 81-100, 15 out. 2020.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

GAFFNEY, J.; MARLEY, N. Atmospheric Chemistry and Air Pollution. *The Scientific World Journal*, n. 3, p. 199-234. 2003.

GENOVESE, C. L. C. R.; GENOVESE, L. G. R.; CARVALHO, W. L. P. Questões sociocientíficas: origem, características, perspectivas e possibilidades de implementação no ensino de ciências a partir dos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Belém, v. 15, n. 34, p. 08-17, dez. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6589>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de Combustão e Impacto Ambiental por meio de Resolução de Problemas e Atividades Experimentais. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 203-209, ago. 2009.

GOMES, S. F.; PENNA, J.C. B. O.; ARROIO, A. Fake News Científicas: Percepção, Persuasão e Letramento. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 26, e20018, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132020000100215&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 06 mar. 2022.

GUIMARÃES, C. C.; DORN, R. C. Efeito Estufa Usando Material Alternativo. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 153-157, maio 2015.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. *International Journal of Science Education*, Abingdon, v. 10, n. 4, p. 357-366, 1988.

IBANEZ, J. G.; HERNANDEZ-ESPARZA, M.; DORIA-SERRANO, C.; FREGOSO-INFANTE, A; SINGH, M. M. *Environmental Chemistry: fundamentals*. New York: Springer, 2007.

JACOBI, P. Educação ambiental e cidadania. In: JACOBI, P. CASCINO, F. OLIVEIRA, J. F. (orgs.). *Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências*. São Paulo: SMA, pp. 6-9. 1998.

KWEKU, D., BISMARCK, O., MAXWELL, A., DESMOND, K., DANSO, K., OTI-MENSAH, E., QUACHIE, A.; ADORMAA, B. Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, v. 17, n. 6, p. 1-9. 2018.

LACIS, A. A.; SCHMIDT, G. A.; RIND, D.; RUEDY, R. A. Atmospheric CO₂: principal control knob governing earth's temperature. *Science*, Washington, Dc, v. 330, n. 6002, p. 356-359, out. 2010.

LEAL, R. B. Planejamento de ensino: peculiaridades significativas. *Revista Iberoamericana de Educación*, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 1-7, 25 dez. 2005.

LIMA, J. O. G.; LEITE, L. R. O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química: o caso das escolas do ensino médio de Crateús/Ceará/Brasil. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, Buenos Aires, v. 7, n. 2, p. 72-85, 2012.

LIMA JÚNIOR, A. S.; CABRAL, I. L. O.; ARAÚJO, J. H. S.; RODRIGUES, L. S.; CUNHA, M. B. M. Gases estufa e aquecimento global: Uma proposta de Ensino de polaridade de ligações com base na Pedagogia Histórico-Crítica. In: XX Encontro Nacional de Ensino de Química, 20., 2020, Pernambuco. *Anais [...]*. São Paulo: SBQ, 2020. n. p.

LÓPEZ, M. Á. A. El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación. *Tabula Rasa*, Bogotá, n. 37, 2021. Disponível em: <https://www.revistatabularasa.org/numero37/el-cambio-climatico-negacionismo-escepticismo-y-desinformacion/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

LÜCK, H. *Planejamento em Orientação Educacional*. 22.ed. Petrópolis, RJ: vozes, 2011.

MANAHAN, S. E. *Environmental Chemistry*. 7 ed. Boca Raton: CRC Press LLC. 2000.

MARQUES, A. J.; FILGUEIRAS, C. A. L. A química atmosférica no Brasil de 1790 a 1853. *Química Nova*, v. 33, v. 7, p. 1612-1619, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000700034&lng=en&nrm=iso. Acesso em 05 fev. 2022.

MARQUES, L. Brasil, 200 anos de devastação O que restará do país após 2022? *Estudos Avançados*, [S.L.], v. 36, n. 105, p. 169-184, ago. 2022.

MARTINS, C. H. B.; CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C.; MOREIRA, G. G.. Da Rio-92 à Rio+20: avanços e retrocessos da agenda 21 no Brasil. *Indicadores Econômicos Fee*, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 97-108, jan. 2015.

MIGUEL, J. C. H. A “meada” do negacionismo climático e o impedimento da governamentalização ambiental no Brasil. *Sociedade e Estado*, Guarulhos, v. 37, n. 1, p. 293-315, abr. 2022.

MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre as nossas cabeças. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 1, p. 41-49, 2001.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, jan./jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZfTN4WwscpKqvwZdxcsT84s/?lang=pt>. Acesso em 06 mar. 2022.

NARDOTTO, R, S.; BERNARDELLI, M. S. A química verde como encaminhamento metodológico de ensino e aprendizagem no Brasil. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 8, n. 8, p. 82-98, ago. 2019.

NASCIMENTO, L. P. *Conferências das nações unidas e política ambiental global: o protagonismo brasileiro*. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) - Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <https://pos-graduacao.uepb.edu.br/ppgri/files/2022/03/Lusimeire.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Nossa História. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/quem-somos/nossa-historia/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

PAIVA, J. C. Quase poesia quase química. [S.L]: Sociedade Portuguesa de Química, 2012. Disponível em: <https://www.joaopaiva.net/wp-content/uploads/2018/06/quase-poesia-quase-quimica-jpaiva2012.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2022.

PEDRETTI, E. Septic tank crisis: A case study of science, technology and society education in an elementary school. *International Journal of Science Education*, Ontario, v. 19, n.10, p. 1211-1230. 1997.

PELEGRINI, M; ARAÚJO, W. R. B. Efeito Estufa e Camada de Ozônio sob a Perspectiva da Interação Radiação-Matéria e uma Abordagem dos Acordos Internacionais sobre o Clima. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 72-78, mai. 2018.

PRAZERES, L. *Brasil cortou 93% da verba para pesquisa em mudanças climáticas*. BBC News Brasil, Brasília, 03 nov. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59096013>. Acesso em: 02 nov. 2022.

PORTO-GONÇALVES, C. W. *Os (des) caminhos do meio ambiente*. 14 ed. São Paulo/SP: Contexto, 2006.

ROSNER, F. The life of Moses Maimonides, a prominent medieval physician. *The Einstein Quarterly Journal of Biology and Medicine*. v. 19, n. 1. 2002. p 125-128.

ROTH, W.; DÉSAUTELS, J. Educating for citizenship: reappraising the role of science education. *Canadian Journal Of Science, Mathematics And Technology Education*, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 149-168, abr. 2004.

SADLER, T. D.; FOWLER, S. R. A Threshold Model of Content Knowledge transfer for Socioscientific Argumentation. *Science Education*, v. 90, n. 6, p.986-1004. 2006.

SANCHES, D. G. R.; MOREIRA, A. L. O. R. CTS e a educação ambiental: possibilidades nas diretrizes curriculares do ensino médio. In: X Congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, 10., 2017, Sevilla. *Anais [...]*. Sevilla, 2017. p. 3263-3267.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SANTOS, W. L. P.; GALIAZZI, M. C.; PINHEIRO JUNIOR, E. M.; SOUZA, M. L.; PORTUGAL, S. O enfoque CTS e a Educação Ambiental: possibilidades de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (orgs.). *Ensino de Química: em foco*. Ijuí: Unijuí, 2010. pp.131-157.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.133-162, 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, mar. 2011.

SCHMITZ, C. *Desafio docente: as ilhas de racionalidade e seus elementos interdisciplinares*. 2004. 277 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86642/209412.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SCHNETZLER, R. P. Trilhas e projeções da pesquisa em Ensino de Química no Brasil. In: MÓL, G. S. (Org.). *Ensino de química: visões e reflexões*. Ijuí: Unijuí, 2012. pp.65-84.

SILVA, C. N. D.; LOBATO, A. C.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L.; QUADROS, A. L. Ensinando a Química do Efeito Estufa no Ensino Médio: Possibilidades e Limites. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 31, n. 4, 2009.

SILVA, R. N. da. *Ilhas de racionalidade: o ensino de ciências através de projetos*. 2001. 39 f. Monografia (Especialização em Ensino de Física) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105327/Rosimari%20Nazario%20da%20Silva.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SIMON, S.; AMOS, R. Decision Making and Use of Evidence in a Socio-scientific Problem on Air Quality. In: SADLER, T. D. *Socio-scientific Issues in the Classroom*. New York: Springer, 2011. pp. 167-192.

SIQUEIRA, G. C.; RIBEIRO, S. A. F.; FREITAS, C. C. G.; SOVIERZOSKI, H. H.; LUCAS, L. B. CTS e CTSA: em busca de uma diferenciação. *Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 16-34. 2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Portal do SEEG. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SOUZA, M.; VIEIRA, H.; SÁNCHEZ, B.; CANELA, M. *O estado da arte de compostos carbonílicos voláteis em ambientes internos: impactos à saúde e metodologias de amostragem e análises*. *Química Nova*, [S.L.], v. 44, n. 7, p. 830-844, 24 mar. 2021.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n1p27>. Acesso em 06 mar. 2022.

TAVARES, M. O. R.; BARBOSA, P. A.; FARIA, J. J. B.; LONGHIN, S. R.; O uso dos aplicativos SOCRATIVE App© e WHATSAPP© como recurso para o estudo do efeito estufa. In: XIX Encontro Nacional de Ensino de Química, 19., 2018, Rio Branco. *Anais [...]*. São Paulo: SBQ, 2018. p. 96-97.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. A Química no Efeito Estufa. Química Nova na Escola, *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 8, p. 10-14, nov. 1998.

UNIVERSIDADE VIRTUAL DE SÃO PAULO. Mudança Climática Global. YouTube, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL91129CFCBC9B3D1>. Acesso em: 05 dez. 2022.

VON BEHR, K. R. *A conspiração do clima: populismo e negacionismo climático no início do governo Bolsonaro (2018 - 2020)*. 2022. 287 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

VILELA, M. L.; SELLES, S. E. É possível uma Educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 1722-1747, dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/74999>. Acesso em 05 dez. 2022.