



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JULIANA TORRES DA SILVA

**O LIVRO PARADIDÁTICO E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS NO
ENSINO E APRENDIZAGEM DA RADIOATIVIDADE**

Caruaru

2024

JULIANA TORRES DA SILVA

**O LIVRO PARADIDÁTICO E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS NO
ENSINO E APRENDIZAGEM DA RADIOATIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Química do Centro Acadêmico do Agreste da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
na modalidade de monografia, como requisito
parcial para a obtenção do grau de licenciada
em Química.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jane Maria Gonçalves Laranjeira

Caruaru

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Juliana Torres da.

O LIVRO PARADIDÁTICO E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS NO
ENSINO E APRENDIZAGEM DA RADIOATIVIDADE / Juliana Torres da
Silva. - Caruaru, 2024.

63p. : il.

Orientador(a): Jane Maria Gonçalves Laranjeira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2024.

Inclui referências.

1. Ensino de Química. 2. Livros paradidáticos. 3. Radioatividade. I.
Laranjeira, Jane Maria Gonçalves. (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

JULIANA TORRES DA SILVA

**O LIVRO PARADIDÁTICO E SEUS MÚLTIPLOS SIGNIFICADOS NO
ENSINO E APRENDIZAGEM DA RADIOATIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Química do Centro Acadêmico do Agreste da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
na modalidade de monografia, como requisito
parcial para a obtenção do grau de licenciada
em Química.

Aprovada em: 17/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Jane Maria Gonçalves Laranjeira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

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

Prof^a. Dr^a. Sulanita Bandeira da Cruz Santos (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a Deus e à minha família, que muito fizeram por mim.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus pelo dom da vida e que, onde quer que eu esteja, eu possa sempre glorificá-Lo. Sem Ele, nada sou. Ele me sustenta de pé, é meu rochedo e minha fortaleza (Sl 18-2:3). Minha gratidão também aos meus pais, Ivone Tereza de Torres e Eraldo Elias da Silva, que sempre lutaram para me dar uma boa Educação e condições básicas para que eu pudesse estudar. Meus agradecimentos à minha irmã, Juciane Torres da Silva, que, em muitos momentos, foi minha ‘turma’, assistindo tantos ensaios e me ajudando para várias apresentações e aulas que eu teria que ministrar ao longo da minha formação. Serei imensamente grata por tudo o que vocês fizeram e fazem por mim.

Durante esses mais de seis anos de formação, muitas pessoas passaram pela minha vida e deixaram algum ensinamento. Algumas muito próximas e que tornaram meus dias na UFPE mais leves e significativos. Uma delas é Natalia Bezerra da Silva, minha parceira durante tantos trabalhos e desafios enfrentados. Agradeço, também, a Álvaro José de Barros Lima, por toda ajuda e parceria em alguns trabalhos da UFPE e com os assuntos sobre a Santa Igreja Católica.

Não esquecer, além disso, da orientação da Prof.^a Dr.^a Jane Maria Gonçalves Laranjeira e de sua disponibilidade durante todos esses meses. Meu agradecimento, também, à Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza Freitas, que me ajudou dando sugestões para o texto. Muito obrigada à banca examinadora do meu trabalho, composta pelo Prof. Dr. José Ayron e pela Prof.^a Dr.^a Sulanita Bandeira. Sou grata por aceitarem o convite e pelas sugestões para o TCC.

Não poderia deixar de mencionar a importância que os outros docentes da UFPE tiveram em minha formação, além das experiências obtidas nos Estágios Supervisionados e no Programa de Residência Pedagógica. Em especial, esse último Programa, no qual pude aprimorar meus conhecimentos em Química e minha prática docente. Mencionar, ademais, todos da Escola de Referência em Ensino Médio — EREM Agamenon Magalhães, localizada em São Caetano — PE, a qual sempre estive de portas abertas para receber os estudantes egressos e ajudá-los em suas formações.

Em suma, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação inicial em Licenciatura em Química, o meu muito obrigada!

“Há aqueles que não conseguem imaginar um mundo sem pássaros; há aqueles que não conseguem imaginar um mundo sem água; no que me diz respeito, sou incapaz de imaginar um mundo sem livros” (BORGES, 1985, tradução nossa).

RESUMO

Diante das demandas do século atual, a Educação precisa se adaptar a fim de que os estudantes possam desenvolver habilidades próprias deste tempo. Para isso, a BNCC propõe algumas competências e habilidades, as quais podem ser trabalhadas no espaço escolar. No que se refere ao Ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, principalmente, o Ensino de Química, ainda é observada a fragmentação do conhecimento. Com a intenção de amenizar essa lacuna, este trabalho tem o objetivo de investigar a abordagem do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010, no Brasil, como potencial recurso didático do tema Radioatividade, no Ensino de Química. Para isso, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica básica e exploratória de três livros paradidáticos sobre Radioatividade, utilizando categorias de contextualização para classificá-los conforme a abordagem CTS. Ademais, foi possível perceber que os objetivos do trabalho foram alcançados tanto com relação a abordagem CTS nos livros paradidáticos, quanto as possibilidades de uso desses recursos didáticos no Ensino de Química. As três referidas obras podem contribuir para a amenização da fragmentação no ensino dessa temática nos diferentes subtemas tratados no trabalho. Entretanto, os livros paradidáticos também apresentaram limitações, as quais devem ser levadas em consideração, visando o desenvolvimento de uma sociedade crítica e informada, em especial, diante das inúmeras crenças e preconceitos ainda existentes sobre o tema Radioatividade.

Palavras-chave: ensino de química; livros paradidáticos; radioatividade.

ABSTRACT

Faced with the demands of the current century, education needs to adapt so that students can develop the skills required for this time. To this end, the BNCC proposes some competences and skills that can be worked on in schools. With regard to the teaching of natural sciences and their technologies, especially chemistry, there is still a fragmentation of knowledge. With the intention of bridging this gap, this study aims to investigate the approach to radioactivity from a CTS perspective in supplementary books published between 1990 and 2010 in Brazil, as a potential teaching resource for radioactivity in chemistry teaching. To this end, a basic and exploratory bibliographical survey was carried out of three supplementary books on Radioactivity, using contextualization categories to classify them according to the CTS approach. In addition, it was possible to see that the objectives of the work were achieved both in relation to the CTS approach in textbooks and the possibilities of using these teaching resources in chemistry teaching. These three books can help to reduce the fragmentation in the teaching of this subject in the different sub-themes dealt with in the work. However, the supplementary books also had limitations, which should be taken into account, with a view to developing a critical and informed society, especially in the face of the numerous beliefs and prejudices that still exist on the subject of radioactivity.

Keywords: chemistry teaching; supplementary books; radioactivity.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 —	Levantamento bibliográfico dos livros paradidáticos sobre Radioatividade dos anos de 1990 a 2010	32
Quadro 2 —	Categorias de análise das obras paradidáticas para o primeiro objetivo específico	33
Quadro 3 —	Categorias de análise das obras paradidáticas para o segundo objetivo específico	33
Quadro 4 —	Categorias de análise dos livros paradidáticos e seus graus de abrangência	51
Quadro 5 —	Categorias de análise dos livros paradidáticos e seus graus de abrangência	55

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MEC	Ministério da Educação e Cultura
OCN's	Orientações Curriculares Nacionais
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNE	Plano Nacional de Educação
TNT	Trinitrotolueno
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2.3	JUSTIFICATIVA.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1	O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL.....	19
3.2	O LIVRO PARADIDÁTICO E AS DIRETRIZES EDUCACIONAIS DE ENSINO DO PAÍS.....	23
3.3	A CONTEXTUALIZAÇÃO E A INTERDISCIPLINARIDADE NAS DIRETRIZES EDUCACIONAIS.....	24
3.4	A CONTEXTUALIZAÇÃO CTS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA.....	27
4	METODOLOGIA.....	31
4.1	TIPOLOGIA DA PESQUISA.....	31
4.2	SELEÇÃO DOS LIVROS PARADIDÁTICOS.....	31
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1	ASPECTOS HISTÓRICOS E CIENTÍFICOS DA FISSÃO NUCLEAR.....	41
5.2	APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA RADIOATIVIDADE.....	45
5.3	ABORDAGEM CIENTÍFICA E SOCIOAMBIENTAL DA RADIOATIVIDADE.....	48
6	POSSIBILIDADE DO USO DOS LIVROS PARADIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	53
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Diante das mudanças vivenciadas na sociedade, a educação precisa de transformações para se adequar a essas novas realidades e continuar a lutar para alcançar as demandas globais e locais envolvidas no “pleno exercício da cidadania e no mundo do trabalho” (Brasil, 2017, p. 8). Assim, para que a educação no Brasil atinja essas demandas, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) inclui elementos norteadores que orientam as escolas da Educação Básica a proporem ações pedagógicas as quais possam amenizar as dificuldades enfrentadas, como a falta de contextualização e consciência crítica nas diversas áreas de conhecimento. Neste estudo em particular, em relação ao conhecimento químico, como tem sido didaticamente estruturado no contexto do ensino e da aprendizagem do tema Radioatividade.

A busca por mudanças no modelo de Ensino de Química pautado pelo uso exagerado de fórmulas e definições e sem nenhuma contextualização, como enfatizado por Ruzza (2016), tem como resultado a realização de muitos estudos, ao longo dos últimos anos, com proposições de metodologias de ensino diferenciadas, procurando facilitar o aprendizado dessa área de conhecimento, com destaque para a coletânea de artigos sobre os desafios e inovações do Ensino de Química na contemporaneidade (Franchi, G.; Franchi, S., 2022). Ademais, deve-se considerar que a formação dos estudantes na Educação Básica seja ampla e integral, possibilitando um desenvolvimento com plenitude sobre a cidadania e senso crítico. Nesta perspectiva, Abed (2016 *apud* Souza e Velloso, 2022) discute a importância de formar os jovens de maneira ampla, ressaltando que essa preparação envolva o campo das mais variadas áreas da vida humana.

Além das dificuldades relacionadas com a ausência de contextualização do conhecimento e da formação de consciência crítica dos educandos, ressalta-se, ainda, a forma fragmentada como o conhecimento científico tem sido, historicamente, apresentado para os estudantes. Essa fragmentação, segundo Gerhard e Filho (2012, p. 128), pode resultar na “perda de sentido”, a qual contribui para que os mesmos adquiram algum tipo de aversão a determinados componentes curriculares. Há, então, a necessidade de abordagens didáticas no processo de ensino e aprendizagem que ressaltem a importância da Química para a humanidade no contexto do seu desenvolvimento científico e tecnológico, de como esta ciência está presente no dia a dia das pessoas e das relações que a mesma possui com as demais áreas do conhecimento científico.

Dentre as maneiras de se chegar a esse âmbito educacional, destaca-se, nesta pesquisa, a abordagem fundamentada em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com destaque para a

Química. O enfoque CTS, segundo Roberts (1991 *apud* Santos e Mortimer, 2000), no âmbito teórico e metodológico, examina as interações e interdependências entre a explicação científica, o planejamento tecnológico, a solução de problemas e tomada de decisões sobre temas práticos de importância social, cultural, econômico e político.

Ademais, de acordo com Medeiros, Rodrigues e Silveira (2016), o Ensino de Química é um dos caminhos responsáveis pela formação dos estudantes e que pode contribuir para a construção de sua autonomia, criticidade e cidadania. Estes autores destacam que, a partir do olhar desta Ciência, formulada em uma linguagem única e própria, é possível contribuir para a formação de estudantes reflexivos e críticos no ambiente escolar.

Com base nessas considerações e buscando-se entender a importância do enfoque CTS para a formação de cidadãos críticos no contexto atual da educação e do ensino e aprendizagem da Química, é importante compreender como esta abordagem tem ganhado espaço, historicamente, na sociedade. Segundo Fonte (2020), na década de 1930, antes do surgimento desse viés, era de senso comum que tanto a ciência como a tecnologia poderiam salvar a humanidade. No entanto, ainda segundo esse pesquisador, essa imagem passou a ser questionada a partir do surgimento de obras literárias, que traziam críticas à ciência e à tecnologia, até então vistas como benfeitoras e salvadoras do mundo, ou até mesmo informativas.

No que se refere a visão de caráter informativo da ciência e da tecnologia, essa cultura passou a ser questionada a partir da publicação de obras renomadas, com destaque para o documento ‘*The Bulletin of Atomic Scientists*’ (tradução do inglês ‘*O Boletim dos Cientistas Atômicos*’) — publicado em 1945 — com informações sobre os riscos das armas nucleares para a população. A partir da publicação desse documento e de vários outros subsequentes, a sociedade passou a ser informada e a questionar e refletir sobre o papel da ciência e da tecnologia, bem como dos engenheiros e cientistas, para além do domínio da técnica de seus ofícios.

Originalmente, o nome desse documento corresponde à denominação de uma organização sem interesses lucrativos, fundada em 1945, pelos profissionais da Universidade de Chicago, nos Estados Unidos. Naquela época, esses estudiosos estavam envolvidos no Projeto Manhattan. ‘*The Bulletin of Atomic Scientists*’, também foi título dado a uma revista bimestral surgida nesse ano e que está em vigor até hoje. Atualmente, esse periódico tem se preocupado em divulgar para seus leitores os riscos relacionados às mudanças climáticas. Vale enfatizar, também, que publicações como essa têm influenciado a população, ao longo das décadas até os dias atuais, levando as pessoas a questionarem e a refletirem sobre a interferência

da ciência e da tecnologia na vida humana e no meio ambiente.

Outra obra importante no contexto do enfoque CTS, além de outros referenciais bibliográficos citados, trata-se do livro *'Silent Spring'*, tradução do inglês *'Primavera Silenciosa'*, mencionado por Carson (1969 *apud* Fonte, 2020). Na segunda edição do livro, publicada em 1969, a autora discute como a aplicação indiscriminada de produtos químicos agrícolas — pesticidas e outros produtos químicos modernos — e seu descarte, poluíram os recursos hídricos com danos para as populações de aves e animais e causando problemas graves à saúde humana, submetendo a sociedade e outros seres vivos aos riscos inerentes ao uso e ao descarte desses defensivos agrícolas no meio ambiente.

Nesta mesma obra, a pesquisadora destaca, especificamente, o pesticida 'diclorodifeniltricloroetano', ou 1,1,1-tricloro-2,2-di(p-clorofenil)etano — segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) — alertando não apenas sobre os riscos da aplicação desse produto químico, mas também, sobre a necessidade de se discutir a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e o meio ambiente, defendendo que o tema fosse levado às instituições de ensino, a fim de explorar o assunto relacionando ao uso dessa classe de substâncias, como uma estratégia de Educação Científica. Sendo assim, é possível perceber a importância histórica e gradual que o movimento CTS possuía, naquela realidade, nos contextos social e científico. Portanto, essa obra da bióloga Raquel Carson foi mais além, introduzindo uma mudança de paradigma na forma como os químicos praticam seus conhecimentos e de como a sociedade em geral se relaciona com a ciência.

Dessa forma, a partir do surgimento das obras citadas anteriormente, o enfoque CTS foi ganhando espaço nos ambientes mais escassos de informações. Mas antes de se tornar realmente valorizado em todos os eixos da sociedade, essa abordagem precisou estar presente no meio acadêmico. Fonte (2020) ressalta ainda que, no contexto norte-americano, esse termo possuía um caráter voltado ao ativismo social e popular, tendo como objetivo investigar a influência da tecnologia na sociedade. Algumas áreas do conhecimento, inclusive, contribuíram para que essa abordagem pudesse centralizar-se, ainda mais, sob um viés social, destacando os componentes curriculares relacionados com a Sociologia, Política e Filosofia.

De forma semelhante, ao observar o panorama latino-americano na década de 1960, esse mesmo autor expõe que o enfoque CTS buscava fazer críticas ao estilo constante das inovações e propostas colocadas em documentos nacionais, construídos por profissionais que tinham o objetivo de analisar a ciência em um viés de estudo social. Assim, faz referência a Vaccarezza (1998 *apud* Fonte, 2020), observando que na América Latina houve uma parcela de atraso no que se refere aos recursos do governo para a ciência e a tecnologia, influenciando

no surgimento tardio da abordagem CTS nessa Região.

No âmbito do Ensino de Química brasileiro, é possível observar que este ainda se encontra descontextualizado, com práticas e metodologias que contribuem para a visão fragmentada do conhecimento. Com isso, a ausência da consciência crítica dos educandos fica evidente e há a necessidade de mudanças educacionais que sejam facilitadas pelo desenvolvimento de recursos didáticos diferenciados, além de melhorias nos projetos políticos pedagógicos institucionais e nos planos de ensino escolares. Essa necessidade é evidenciada pelos baixos índices do Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), cujo relatório do ano de 2018 (Brasil, 2020) indicou um escore da média de proficiência dos jovens brasileiros em ciências, de 404 pontos, 85 pontos abaixo da média dos estudantes dos países contemplados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), além da constatação de que esses dados não se alteram significativamente em 2022.

Segundo a Assessoria de Comunicação Social do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2023) o escore da média de proficiência dos jovens brasileiros em ciências foi de 403 pontos, inferior à pontuação de outros países da América do Sul, tais como: Chile, Uruguai e Colômbia, os quais apresentaram desempenho médio com escores de 444, 435 e 411, respectivamente. Portanto, em 2022, mais da metade (55%) dos estudantes brasileiros não atingiu o nível básico em ciências e apenas 1% dos estudantes avaliados atingiu o nível 5 de proficiência em ciências, sem nenhum estudante ter alcançado o nível máximo.

É possível perceber, com base nesses dados, a contínua dificuldade do País em obter melhores resultados, principalmente após a pandemia de COVID-19, a qual atingiu todo o mundo no ano de 2020. Além disso, é necessário que haja maiores discussões sobre esses resultados, para propor soluções cabíveis que amenizem as lacunas enfrentadas na Educação, pelos estudantes brasileiros, a começar pela forma como os mesmos entendem os conhecimentos científicos e sua importância para a sociedade.

De acordo com o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) “a compreensão de ciência e tecnologia é fundamental na formação de um jovem para a vida na sociedade moderna”. Definindo letramento científico como sendo a “capacidade do estudante em se envolver com questões relacionadas com a ciência e com a ideia da ciência, como cidadão reflexivo”. Assim, esse Relatório considera que uma pessoa letrada cientificamente é capaz de participar da discussão fundamentada sobre ciência e tecnologia, mas esse letramento científico exige competências para:

1. explicar fenômenos cientificamente: reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos; 2. avaliar e planejar investigações científicas: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente; 3. interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas OCDE (2017, p. 22, tradução nossa).

Levando-se em consideração o surgimento tardio do enfoque CTS na América Latina e buscando-se ter uma compreensão de como essa abordagem pode facilitar uma conexão na Ciência Química, buscou-se, neste levantamento, investigar a apresentação do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010, no Brasil, como potencial recurso didático desse conteúdo, no Ensino Médio de Química. A partir das considerações apontadas e com o intuito de atingir esse objetivo, levantou-se a seguinte inquietação: “Como a abordagem CTS está apresentada nos livros paradidáticos do tema Radioatividade e quais são as possibilidades de uso desse recurso no Ensino de Química”?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a abordagem do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010, no Brasil, como potencial recurso didático do tema Radioatividade, no Ensino de Química.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar se os livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010 no Brasil abordam o tema Radioatividade com enfoque CTS.
2. Fazer uma análise comparativa das obras paradidáticas no que diz respeito à sua possibilidade de uso no Ensino de Química.

2.3 JUSTIFICATIVA

Diante da incerteza quanto a função do livro paradidático e de como esse recurso pode ser aplicado na abordagem do tema Radioatividade, além da presente escassez observada nos anos de 1990 a 2010 de obras paradidáticas sobre esse tema, é importante conhecer a abordagem dessa temática em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nesse intervalo de tempo, no Brasil, como potencial recurso didático do tema Radioatividade, no Ensino de Química. Considerando, ademais, a importância da temática Radioatividade, diante da necessidade de se ter informações mais seguras sobre o tema, como também desmistificar muitas crenças limitadas a respeito deste assunto. Essa pesquisa também pode incentivar um maior número de publicações editoriais que atendam aos requisitos importantes para a formação cidadã e para a divulgação dessas obras nas instituições escolares.

Não apenas isso, há pesquisas que abordam a eficácia do uso dos livros paradidáticos no Ensino de Química, como é o caso dos trabalhos de Sena (2019) e Prado e Zamuner (2021). No primeiro estudo, a autora mostra que o uso do livro paradidático atrelado a uma situação problema pode desenvolver momentos de maior contextualização no ensino de Química Orgânica. Na segunda investigação, Prado e Zamuner (2021) apresentam uma proposta de sequência didática para o Ensino de Química Orgânica vinculada ao uso de um livro paradidático. Possibilidade essa que pode fomentar no desenvolvimento de momentos de

aprendizagem contextualizados e interdisciplinares, tendo em vista que a obra mencionada por elas possui elementos da Ciência Química e Biologia. Dessa forma, o livro paradidático que possa ser mais contextualizado e também interdisciplinar, pode mostrar-se como um potencializador do ensino e aprendizagem de Química, eficaz para a formação cidadã no contexto CTS, surgindo como uma proposta menos fragmentada e significativa, mas também, sujeita a análises diversas, entre elas: a qualidade de suas publicações, os conteúdos trazidos nessas obras e a visão do conhecimento científico que essas divulgações produzem e/ou reproduzem (Rangel, 2014).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para investigar a abordagem do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010, no Brasil, como potencial recurso didático do tema Radioatividade, é fundamental contemplar, neste referencial teórico, como vem sendo vivenciado o Ensino de Química no Brasil.

Nesta perspectiva, o item 3.1 apresenta o que alguns especialistas destacam sobre o Ensino de Química no País, mediado por fórmulas e não vivenciado de maneira contextualizada. Na sequência, o item 3.2 menciona como algumas das Diretrizes Educacionais de Ensino do País abordam o uso do livro paradidático e, no item 3.3, enfatiza-se como a contextualização e a interdisciplinaridade são abordadas nessas mesmas diretrizes. Dando continuidade à construção da fundamentação teórica desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), no item 3.4 é feita uma revisão sobre o ensino e aprendizagem de Química com enfoque CTS, inclusive na perspectiva das Diretrizes Educacionais de Ensino do País.

3.1 O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL

Segundo Lima (2013), durante o século XX, iniciou-se a formação em Química no País com a necessidade de se preparar profissionais capacitados para atender a demanda de mão de obra para o trabalho na indústria Química, diante do cenário de precarização de profissionais nessa área, principalmente após a Primeira Guerra Mundial. Anos depois, surge a preocupação com o desenvolvimento de ações voltadas aos métodos de ensino dessa área do conhecimento que, a partir de 1931, passou a ser ofertada regularmente como componente curricular nas instituições de ensino brasileiras.

Segundo Cury (1998), anos mais tarde, na década de 1980, sob a influência da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da Educação nacional, foram discutidos e propostos projetos educacionais diferentes, com modificação do ensino técnico-profissional, através da promulgação da Lei nº 5.692/71 que definiu que todo o ensino de segundo grau, hoje denominado Ensino Médio, deveria conduzir o educando à conclusão de uma habilitação profissional técnica ou, ao menos, de auxiliar técnico (habilitação parcial). A Lei nº 7.044/82 reformulou a Lei nº 5.692/71 retirando a obrigatoriedade da habilitação profissional no ensino de segundo grau.

Mas, como citado por Lima (2013), a grande reforma no Ensino Médio brasileiro ocorreu quando o Ministério da Educação (MEC) desenvolveu um Programa para Reforma do

Ensino profissionalizante com a publicação da Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018, atualizando as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), a serem observadas pelos sistemas de ensino e suas unidades escolares na organização curricular, tendo em vista as alterações introduzidas na Lei de Diretrizes e Bases (LDB) pela Lei nº 13.415/2017.

Em seguida, o MEC, num trabalho conjunto com educadores de todo o País, definiu os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2000), com o papel duplo de difundir os princípios da reforma curricular e orientar os professores na busca de novas abordagens e metodologias, atendendo a necessidade do Brasil de acompanhar os movimentos do mundo inteiro na reformulação do ensino, propondo um novo perfil para o currículo, apoiado em competências básicas para a inserção de nossos jovens na vida adulta, na perspectiva de: dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender.

Segundo Ruzza (2016), o Ensino de Química, mesmo após essas reformas, ainda é caracterizado pelo uso excessivo de fórmulas, nomes e definições, sem contextualização, seguindo o modelo de ensino tradicional conteudista e com o saber centrado no professor que apenas o transmite para os alunos. Sendo assim, considera que esse excesso de conteúdo memorizado e desconectado da realidade dos estudantes contribui para o desinteresse dos mesmos pela Química, percebida como uma área de conhecimento desestimulante e sem ter uma relação clara com seu cotidiano.

Além disso, esta autora também destaca o alto grau de abstração dos conteúdos dessa área, baseando-se em modelos teóricos bastante abstratos, com a necessidade de utilizar diferentes estratégias para facilitar a construção do aprendizado dos alunos. Como os estudantes, devido à idade, não têm maturidade para realizar tais abstrações, essas estratégias são essenciais para tornar o conteúdo mais acessível e relevante para eles.

Contudo, no contexto atual do Ensino de Química brasileiro, esse cenário está, aos poucos, sendo desconstruído, como destacado por Franchi, G.; Franchi, S. (2022), fazendo referência a diversos recursos e abordagens didáticas usadas no Ensino de Química, na perspectiva de superar os desafios no processo de ensino e aprendizagem desta área do conhecimento, em especial, aqueles associados às metodologias baseadas na memorização. Não apenas isso, de forma ainda mais específica, o trabalho de Sena (2019) procurou, entre outros fins, propor momentos diferenciados no Ensino da Química Orgânica, através do uso de um livro paradidático com uma situação problema, no qual ela pôde concluir, dentre outros fatores, que essa alternativa possibilitou uma maior contextualização dos conteúdos abordados na Química

Orgânica e uma melhor associação desses conteúdos pelos estudantes. Outras propostas para o Ensino de Química também vêm sendo construídas ao longo dos anos. O estudo de Prado e Zamuner (2021) apresenta uma possibilidade de aplicação de trechos de um livro paradidático no Ensino de Química Orgânica, mais especificamente, para estudar a função orgânica “álcool”. Nestes dois trabalhos os pesquisadores mostram que o uso de livros paradidáticos pode possibilitar uma maior contextualização e aspectos interdisciplinares envolvidos em uma sequência didática sobre Química Orgânica.

Portanto, a visão fragmentada dessa área de estudo, sem nenhum caráter contextualizado, com foco na formação de mão de obra para atender as demandas do mercado de trabalho, não é produtiva e não tem contribuições consideráveis para o desenvolvimento da cidadania.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2000), na Educação brasileira, os estudantes têm sido preparados para o mercado de trabalho, mas deveriam desenvolver habilidades próprias demandadas pela sociedade no século XXI. Isso exige uma formação que integre conhecimentos gerais de maneira contextualizada, indo além da memorização de conteúdos. O objetivo não deve ser apenas preparar o estudante para o ingresso no Ensino Superior por meio de vestibulares ou do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), que vem sendo adotado pelas instituições de Ensino Médio brasileiras desde 1998.

Na atualidade, a Base Nacional Comum Curricular — BNCC — (Brasil, 2017) é o documento normativo das redes de ensino e suas instituições, públicas e privadas, referência obrigatória na elaboração dos currículos escolares e propostas pedagógicas que definem o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Esse documento propõe que os mesmos tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE), orientado pelos princípios éticos e políticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (Brasil, 2013).

Voigt (2021) destaca que a BNCC se enquadra como um documento com função normativa, possuindo, entre seus objetivos, a erradicação das desigualdades sociais vigentes no País, como prioridade. Portanto, é necessário repensar a forma de ensino e aprendizagem baseada em disciplinas isoladas. A maneira como a BNCC propôs o ensino de Ciências da Natureza visa investir, preferivelmente, nas possíveis conexões e diálogos envoltos nas mais diversas áreas. Nesta perspectiva, é fundamental considerar que as informações adquiridas possam ser vinculadas a outros tipos de saberes já conhecidos. Entende-se por “saberes já

conhecidos” o conhecimento do “senso comum”, do “cotidiano” e da “cultura”. Assim sendo, é fundamental promover um processo de ensino e aprendizagem que torne as aulas de Química mais relevantes para os estudantes. Isso pode ser alcançado estabelecendo conexões com o conhecimento prévio dos alunos e com o ambiente em que estão inseridos, pois, como apontam Medeiros, Rodriguez e Silveira (2016), eles possuem um saber prévio que trazem para a escola.

Nesta mesma perspectiva, Basílio (2006) diz que é importante destacar a relação entre os saberes escolares e culturais dos estudantes, considerando que o papel do professor, nesse contexto, é estabelecer conexões entre os conteúdos curriculares discutidos na instituição de ensino e as experiências de vida dos alunos, utilizando exemplos contextualizados no ambiente social em que vivem. Para tornar esse argumento ainda mais significativo, esse pesquisador faz referência às vivências educativas da região de Moçambique (África), tendo em vista que as atividades realizadas nesse contexto geográfico procuravam relacionar a cultura dos moçambicanos com os conhecimentos escolares adquiridos.

Essa relação entre os conhecimentos prévios e novos adquiridos na escola e, também, através da cultura de um povo, pode ser ligada com a visão de uma aprendizagem significativa que, conforme descrita por Ausubel (2000), é o processo de estabelecer conexões entre novos conteúdos e o conhecimento prévio adquirido através de experiências anteriores. Em outras palavras, trata-se de integrar novas informações ao que já se conhece. A inferência, por sua vez, é o processo de tirar conclusões a partir dessas novas informações. Assim, o processo de aquisição das informações produz uma mudança na estrutura cognitiva sobre as ideias, as quais foram adquiridas de forma recente, levando em consideração que, na maioria dos casos, os conhecimentos novos estão relacionados a uma proposição específica e valorosa — esses aspectos se enquadram como conceitos importantes para a aprendizagem.

Esse mesmo pesquisador ressalta que a aprendizagem significativa supera aquela baseada na memorização. Enquanto esta última pode tornar as atividades de ensino e aprendizagem vulneráveis às interferências diversas, a aprendizagem significativa integra os novos conhecimentos de forma mais robusta, relacionando-os com o que foi previamente aprendido e até mesmo descoberto simultaneamente. Logo, é necessário ressaltar que o Ensino de Química precisa superar essa visão tradicional com aulas expositivas que acabam por desencadear diversos tipos de memorização, mas sem favorecer uma compreensão sólida de conceitos abordados e sem estabelecer qualquer relação com a realidade dos estudantes.

Dessa maneira, destaca-se a importância do uso de recursos didáticos que fomentem abordagens metodológicas contextualizadas, como, por exemplo, os livros paradidáticos, considerando que esse tipo de obra literária pode possuir uma linguagem mais acessível aos

alunos, quanto a abordagem de temas sociais, culturais, tecnológicos e científicos que possibilitem vários tipos de discussões e debates entre os conhecimentos prévios e adquiridos pelos estudantes.

3.2 O LIVRO PARADIDÁTICO E AS DIRETRIZES EDUCACIONAIS DE ENSINO DO PAÍS

Ao analisar as Diretrizes e Bases Nacionais de Educação do Brasil para o Ensino Médio, nota-se que há poucas referências explícitas ao uso de livros paradidáticos pelos professores. Algumas diretrizes mencionam brevemente essa utilização e também abrem espaço para a adoção de outros recursos educacionais além do livro didático. Isso ocorre no contexto mais amplo das reformas curriculares na Educação brasileira, que ocorreram entre os anos 1990 e 2000 (Brasil, 2002). Com a intenção de observar como algumas dessas diretrizes abordam o livro paradidático, foram trazidas menções para essa discussão, com destaque para: as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2006) e a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017).

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) destacam a possibilidade de os professores utilizarem diversos recursos didáticos na abordagem dos conteúdos, incluindo o livro paradidático como fonte de informação ou para revisão dos temas discutidos. O documento também sugere este tipo de obra como recurso didático no ensino da História da Química, considerando que esse livro pode ajudar os estudantes a perceber o conhecimento científico como um processo histórico e socialmente construído. Recomenda ainda o uso do paradidático para enriquecer o currículo escolar, integrando a dimensão histórica dos conteúdos de Química e, para fortalecer o argumento apresentado, menciona alguns títulos de livros recomendados, tais como: 'A ciência através dos tempos' (Chassot, 1994) e 'Alquimistas e químicos' (Vanin, 1994) como obras que podem ser incorporadas como recursos didáticos no plano de ensino dos professores, contribuindo significativamente para a construção de um conteúdo histórico sobre a Química.

Na BNCC (Brasil, 2017) faz referência ao uso dos livros paradidáticos na Educação, apresentando o termo 'paradidático' apenas quando se refere às práticas de estudo e pesquisa. Em continuidade, o texto se refere à função desse tipo de obra — na qual poderia se adequar como fontes de informação. Esse mesmo documento destaca ainda que os objetivos presentes nele devem levar em consideração que os alunos adquiram uma formação que possa envolver todos da comunidade escolar e civil.

Considerando essas referências às obras de interesse neste levantamento, nos textos oficiais da Educação Brasileira, citados anteriormente, foi possível perceber que se referem poucas vezes aos paradidáticos. Mas quando mencionam o termo em questão, tratam dele como se estivesse ligado à área da pesquisa no Ensino de Química, à parte do estudo de diferentes grupos e culturas ou, até mesmo, no contexto da História dessa Ciência.

Ademais, as referências às diretrizes educacionais permitiram entender como os documentos oficiais mencionados neste item se referem ao livro paradidático e, a partir desse ponto, refletir sobre a maneira pela qual o conteúdo Radioatividade tem sido cobrado nos livros paradidáticos, entendendo que a aprendizagem dessa temática deve envolver discussões, permeando a produção do conhecimento de forma contextualizada com foco CTS, referindo-se, também, à História da Química.

3.3 A CONTEXTUALIZAÇÃO E A INTERDISCIPLINARIDADE NAS DIRETRIZES EDUCACIONAIS

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 2000) trazem o termo “interdisciplinaridade” e “contextualização” próximos um do outro, em uma relação de conexão entre essas diferentes abordagens. A princípio, esse documento justifica o motivo pelo qual o Ensino no Brasil deve ser interdisciplinar, a partir da contextualização, diante da realidade ainda existente, no período de 1990 a 2000, com a Educação brasileira estruturada de forma fragmentada, centralizada na separação dos conhecimentos e com excesso de informações. O texto ainda aponta que o significado de interdisciplinaridade fica mais evidente a partir da compreensão de que o conhecimento, na sua totalidade, está relacionado a outros tipos de saberes, sendo essa relação de reflexão e melhoria do próprio conhecimento.

Discorre ainda que essa perspectiva compartimentada pode ser superada através da interdisciplinaridade e da contextualização. No que se refere às relações entre as diferentes áreas do conhecimento, os PCNEM destacam que a ligação entre diversos saberes se apresenta mais necessária, na ocasião em que as pessoas se sentem na posição de explicar temas de maior complexidade, considerando, nesse sentido, que a relação entre os conceitos pode funcionar tanto para comunicações simples como para as complexas. Assim, a partir desse elo existente entre as diversas nuances do conhecimento, é fundamental que os estudantes possam entender e visualizar esses conceitos sob diferentes ângulos. O texto menciona, ademais, a função que possui a interdisciplinaridade, sendo essa muito útil para ajudar a encontrar soluções para os problemas socioambientais.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Brasil, 2006) fornecem diretrizes sobre como promover a integração dos conhecimentos. Elas destacam que desenvolver essa integração não implica uniformizar as disciplinas, mas sim abordar um conteúdo em múltiplas dimensões, o que é essencial para a interdisciplinaridade. Para que isso ocorra, é fundamental haver um alinhamento entre os planos de ensino elaborados pelos professores, bem como uma coordenação entre os horários e cronogramas dos profissionais da educação, respeitando as especificidades de cada componente curricular.

Reconhece que, devido à complexidade de certos conteúdos e com o objetivo de desenvolver uma competência investigativa por parte do estudante, tanto o professor quanto o aluno podem ser incentivados a buscar a interdisciplinaridade para encontrar respostas ou formular novas perguntas sobre conceitos complexos. No entanto, adverte que a simples combinação superficial de componentes curriculares pode não ser eficaz e pode até mesmo prejudicar o processo de ensino e aprendizagem.

A mesma diretriz aborda a interdisciplinaridade e a contextualização no Ensino de Química, destacando que essas conexões englobam aspectos do conhecimento cotidiano. O objetivo não é substituir um tipo de conhecimento por outro, mas sim facilitar as interconexões entre diferentes saberes. O documento também enfatiza que a Química pode promover uma Educação interdisciplinar ao integrar fenômenos físicos, biológicos, históricos, políticos e sociais, aproveitando a relação já existente entre esses elementos.

A Base Nacional Comum Curricular — BNCC — (Brasil, 2017), fala dos conceitos de "interdisciplinaridade" e "contextualização" como elementos fundamentais para a promoção de um ensino significativo e relevante, sendo esses conceitos incorporados em diversas áreas do saber, com o objetivo de proporcionar uma aprendizagem integrada e conectada com a realidade dos estudantes. Ainda define a interdisciplinaridade como a abordagem que integra conhecimentos e habilidades de diferentes disciplinas para explorar temas e problemas de forma abrangente, sendo essa abordagem vista como essencial para o desenvolvimento de competências que permitam aos estudantes compreender e atuar no mundo de maneira crítica e criativa.

Assim, incentiva a construção de projetos e atividades interdisciplinares que envolvam a colaboração entre diversas especialidades, possibilitando aos estudantes fazer conexões entre os conteúdos aprendidos em disciplinas distintas, promovendo, dessa maneira, uma visão mais holística do conhecimento. No ensino fundamental e médio, a BNCC sugere temas transversais, como: cidadania, sustentabilidade e diversidade cultural, que podem ser trabalhados de maneira

interdisciplinar, citando como exemplo um projeto educacional sobre mudanças climáticas envolvendo conteúdos de Ciências, Geografia, História e Matemática.

Por sua vez, a contextualização é definida na BNCC (Brasil, 2017) como a prática de relacionar os conteúdos escolares com a realidade e as experiências dos estudantes, tornando a aprendizagem mais significativa e relevante. A contextualização ajuda os mesmos a ver a aplicabilidade dos conhecimentos na vida cotidiana e a desenvolverem competências para enfrentar desafios reais. No ensino de Ciências da Natureza, sugere que os temas: saúde, tecnologia e meio ambiente sejam abordados de forma contextualizada, relacionando-os com questões locais e globais. Em Matemática, a contextualização pode ser feita por meio de problemas práticos que envolvam situações do dia a dia, como orçamento familiar e planejamento de viagens.

Para ambos os conceitos, a BNCC (Brasil, 2017) proporciona orientações claras sobre como os professores podem integrar interdisciplinaridade e contextualização em suas práticas pedagógicas tanto no Ensino Fundamental — componentes curriculares como Ciências, Matemática, História, Geografia, e Língua Portuguesa, incluem competências específicas que incentivam a interdisciplinaridade e a contextualização — como no Ensino Médio, organizando os campos de conhecimento de maneira a facilitar projetos interdisciplinares e a abordagem de temas contemporâneos de forma contextualizada.

Com base nesses apontamentos, é possível afirmar que os documentos citados anteriormente, apresentam justificativas para uma perspectiva de ensino interdisciplinar e contextualizado, ressaltando a importância de aspectos sociocientíficos envolvidos na construção da aprendizagem, em especial, pode-se ressaltar, com a abordagem de temas transversais no livro paradidático, no Ensino de Química, valorizando a interdisciplinaridade e a contextualização como estratégias pedagógicas que tornam o ensino mais integrado, significativo e aplicável à realidade dos alunos. Ainda mais, contribuindo para o desenvolvimento de competências essenciais e preparando os estudantes para enfrentarem os desafios do mundo moderno de maneira crítica e colaborativa.

3.4 A CONTEXTUALIZAÇÃO CTS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

O enfoque CTS surgiu na Europa e nos Estados Unidos, em 1960, com o intuito de tornar o ensino e aprendizagem de Ciências menos fragmentado e mais contextualizado (Fonte, 2020). Conforme destacado por Aikenhead e Solomons (1994), a Educação com foco na ciência deve integrar o campo científico com uma sociedade cada vez mais imersa no mundo tecnológico. Eles afirmam que, para ser eficaz, essa Educação precisa ser desafiadora e realista, com o objetivo de preparar futuros profissionais interessados em participar de uma comunidade que valoriza a pesquisa, a ciência e a tecnologia. Dessa forma, é essencial que haja uma relação contextualizada entre os pontos sociais e científicos, tanto no ambiente escolar formal quanto nos materiais didáticos produzidos e distribuídos no Brasil.

É importante salientar que esse tipo de conhecimento coloca o estudante no centro do processo educativo, permitindo que ele construa o saber por meio das relações estabelecidas entre os conceitos, como representado no diagrama da Figura 1, adaptado de Aikenhead e Solomons (1994). Neste diagrama, o estudante está colocado no centro, envolvido pelas três bases fundamentais da aprendizagem com abordagem CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade. Destaca-se que nesse tipo de abordagem busca-se colocar o estudante no meio do processo educativo, permitindo que ele construa o saber através das relações previamente estabelecidas entre os diferentes conceitos.

Figura 1 — A essência da educação CTS



Fonte: Adaptado de Aikenhead e Solomons (1994)

Cada vértice do diagrama apresenta os termos Ciência, Tecnologia e Sociedade,

conectados por setas de dois sentidos, as quais estão representando as relações existentes entre os termos. No meio do triângulo há algumas palavras que se inserem no ensino e aprendizagem com o enfoque CTS: o ambiente natural, o ambiente artificialmente construído e o ambiente social. Todos esses permeiam a abordagem CTS deixando-a ainda mais ampla e envolta em uma Educação que envolve diferentes âmbitos do conhecimento humano.

Levando-se em consideração as conexões entre as três áreas dos vértices desse diagrama, a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade são, portanto, as bases fundamentais para se criar relações no ambiente escolar, pois estão profundamente imersas no mundo contemporâneo e são a origem dos principais avanços e desafios enfrentados pela sociedade. Nesse contexto, é importante destacar as demandas relacionadas ao Ensino de Química orientado pela abordagem CTS na visão de alguns estudiosos.

Segundo Santos (2011), a Química é extremamente importante em todos os setores da sociedade, sendo indispensável para o cotidiano das pessoas e para o fortalecimento da cidadania. Sua relevância vai desde o uso de reagentes químicos até a sua influência nas políticas das nações, especialmente no que diz respeito às dificuldades enfrentadas pela população, aos impactos tecnológicos e à tomada de decisões. Ressalta também que a Química tem um papel crucial na promoção de ações sustentáveis para mitigar os impactos ambientais causados pelas atividades humanas. Um exemplo mencionado em seu texto é o acidente de Chernobyl, ocorrido em 1986, que forçou mais de 100 mil pessoas a abandonarem suas casas e resultou na morte de mais de 3.000 pessoas. Esse desastre também colocou a nação europeia em estado de alerta permanente e causou prejuízos a longo prazo, incluindo um aumento significativo nos casos de câncer.

Segundo o mesmo autor, a Educação em uma abordagem CTS envolve uma integração entre distintas áreas de estudo e pode promover uma postura não neutra e não isolada do cidadão em relação ao conhecimento científico. Sendo assim, não se deve separar a Química do cotidiano. Nesse cenário, o estudo desenvolvido por Silva e Marcondes (2010) é relevante, pois se baseia em pesquisadores como Aikenhead (1994), Santos e Mortimer (1999) e Freire (2002), que são referências em contextualização com foco CTS. Esses dois primeiros pesquisadores criaram algumas categorias sobre contextualização com viés CTS as quais estão apresentadas a seguir:

1. Aplicação do Conhecimento Químico (AC): no que diz respeito à contextualização com apresentação de imagens e exemplos de acontecimentos do dia a dia ou questões que envolvem tecnologia, relacionadas aos conceitos químicos inseridos.

2. Descrição Científica de Fatos e Processos (DC): os conceitos de Química se apresentam de forma a gerar explicações para os acontecimentos rotineiros e tecnológicos, podendo perpetuar conexões com a sociedade. O tema se envolve aos conteúdos.
3. Compreensão da Realidade Social (CRS): os conceitos de Química são usados como estratégias para enfrentar as situações-problema, o conhecimento em ciência se coloca submisso às situações sociais e técnicas.
4. Transformação da Realidade Social (TRS): envolve a discussão de acontecimentos problemáticos com foco social, com o intuito do estudante intervir socialmente nessa realidade. Os conceitos estão em consonância com um problema estudado.

Não apenas isso, com a intenção de entender quais outras perspectivas contribuem para que o Ensino de Química seja mais contextualizado, a abordagem que envolve Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tem se mostrado como uma das principais contribuintes para trazer o estudante para o centro do processo de ensino e aprendizagem, como destacado por Aikenhead e Solomons (1994). Também é essencial compreender de que maneira esse viés vem sendo tratado nas Diretrizes Educacionais brasileiras.

Segundo Brasil (2006), a mera explicação do conhecimento científico sob um viés estritamente prático, produz uma sociedade baseada em aspectos técnicos e, para que isso não aconteça, essa Diretriz aponta que os estudos sobre a História da Química em consonância com o viés Ciência, Tecnologia e Sociedade, podem suprir a necessidade de abordar temas sociais nessa área do conhecimento. Ademais, a perspectiva CTS permite que haja maiores diálogos entre as áreas mostradas na própria sigla desse enfoque e, a partir dessa rede de trocas de saberes, é possível que existam reflexões em diferentes campos de aprendizagem, proporcionando uma alfabetização científica entre as pessoas.

Além do que, no que se refere à abordagem dessa atuação em atividades lúdicas, essa pode se tornar em um problema contextualizado, possibilitando que o profissional de educação produza materiais para serem explorados em sala de aula. A Ciência, Tecnologia e Sociedade é uma das formas de estudar as áreas do conhecimento de uma maneira a conseguir, também, alcançar competências que envolvam posicionamento crítico (Brasil, 2006).

Quando se busca encontrar outras informações nas demais diretrizes educacionais, Brasil (2017) não define de forma clara o que seria a relação CTS. Sobre o Ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, esse documento aborda a importância de que haja diálogos sobre as tecnologias envolvidas na produção de energia elétrica, como também, a utilização de combustíveis — essas perspectivas podem ajudar os alunos a avaliar os tipos de vida da

sociedade e a relação dela com a energia; assim como investigar o progresso científico e tecnológico os quais estão envolvidos em vários assuntos de Ciências.

Com base nisso, observando a maneira pela qual esses documentos vinculam as abordagens mencionadas, pode-se levar a conclusão de que foi possível observar que a relação do termo CTS foi pouco explorada nos documentos oficiais de Educação do País, principalmente na BNCC — a Base que rege o ensino e aprendizagem, atualmente.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa que foi desenvolvida possui caráter qualitativo, bibliográfico e exploratório, tendo em vista a natureza das obras que foram selecionadas e analisadas no recorte do estudo: livros paradidáticos de Química ou ciências correlatas que abordem conteúdos de Radioatividade, publicados entre os anos de 1990 e 2010. Levando-se em consideração o conteúdo disponibilizado nos livros paradidáticos selecionados sobre essa temática, foi objeto de estudo, de análise e discussão a forma de abordagem dos conteúdos sobre esse tema, pelos respectivos autores das obras selecionadas, em especial, no que se refere à contextualização com enfoque CTS.

4.2 SELEÇÃO DOS LIVROS PARADIDÁTICOS

O levantamento bibliográfico foi feito por meio de buscas nos sites das principais editoras do Brasil, pelos termos “livros paradidáticos” ou “livros paradidáticos de Radioatividade” verificando-se que a maior parte dos sites das editoras pesquisadas possuía, em seus catálogos, poucas obras publicadas que atendiam esse recorte de busca.

Ressalta-se, ainda, a relevância da temática Radioatividade, tendo em vista as excessivas informações atuais, as quais podem centralizar esse assunto apenas em uma perspectiva sensacionalista e midiática, principalmente no que se refere à abordagem das bombas nucleares. Diante deste cenário, destaca-se a necessidade de se entender a utilidade e benefícios das diversas outras aplicações da Radioatividade na vida das pessoas, como no uso de tecnologias nucleares para o tratamento de doenças, datação e na agricultura, por exemplo.

Verificou-se também, neste levantamento preliminar, que os contáveis livros paradidáticos encontrados e selecionados neste estudo, foram publicados nas décadas de 1990 a 2010, conforme pode ser verificado no registro dos dados apresentados no Quadro 1, que deixa explícita a pequena quantidade de obras nos sites das editoras, sobre essa temática. Também foram destacados os nomes — mencionados pelo programa de Inteligência Artificial *chatbot Bing* da *Microsoft* e pelo navegador *Google* — das principais editoras do País.

Os nomes dos livros paradidáticos que possuem um asterisco (*), dizem respeito às obras que foram selecionadas para o desenvolvimento desta pesquisa, tendo como critérios mais relevantes: (i) A data de publicação da edição — entre os anos de 1990 a 2010 — com abordagem

do tema Radioatividade; (ii) A disponibilidade de aquisição dessas obras, considerando a importância do contato físico, para que o pesquisador pudesse, a partir da leitura desses livros, levantar os dados para análise e discussão dos resultados, com transcrições de alguns trechos dos mesmos, na perspectiva de se atender aos objetivos prescritos nesta pesquisa.

Quadro 1 — Levantamento bibliográfico dos livros paradidáticos sobre Radioatividade no período de 1990 a 2010.

Nome da editora e site de busca	Título da obra, ano de publicação e autor(a)	Disponibilidade no catálogo da editora	Disponibilidade para venda
Autores Associados	“Perdendo o Medo da Radioatividade”, 2010, Damasio e Tavares*	Sim	Sim
Editora Cidadania	-	-	-
Editora do Brasil	-	-	-
Editora Saraiva e Atual	-	-	-
Editora Globo	-	-	-
Editora Dimensão Eireli	-	-	-
Editoras Ática e Scipione	“A radioatividade e o lixo nuclear”, 1996, Helene*	Não	Não
Editora Unesp	“Energia Nuclear: Com fissões e com fusões”, 2010, Galetti e Lima*	Sim	Sim
Grupo Companhia das Letras	-	-	-
Grupo Editorial Record	-	-	-
Grupo Editorial Alta Books	-	-	-
Harper Collins Brasil	-	-	-
Intrínseca	-	-	-
Rocco	-	-	-
Saraiva	-	-	-
Sextante	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Nota: O livro de Helene (1996) não está disponível para venda no site da editora Ática e Scipione, apenas em sites de compra como a *Amazon*.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o intuito de responder ao problema de pesquisa deste estudo, na perspectiva de investigar “como a abordagem CTS está apresentada nos livros paradidáticos do tema Radioatividade e quais são as possibilidades de uso desse recurso no Ensino Médio de Química”, foram criadas categorias para possibilitar a análise comparativa dessas obras, diante dos objetivos específicos propostos neste mesmo levantamento, que estão relacionadas nos quadros apresentados na sequência para cada objetivo específico proposto neste estudo. Foram também incluídas imagens das capas dos livros analisados neste estudo, juntamente com seus respectivos sumários.

Quadro 2 — Categorias de análise das obras paradidáticas para o primeiro objetivo específico

1º Objetivo específico: <i>“Analisar se os livros paradidáticos, publicados nos anos de 1990 a 2010 no Brasil abordam o tema Radioatividade com enfoque CTS”.</i>
Categorias de análise selecionadas
A OBRA ABORDA A TEMÁTICA RADIOATIVIDADE:
1) No contexto histórico e científico; 2) No contexto tecnológico; 3) No contexto científico e socioambiental.
* Esse conjunto de categorias foi analisado para as obras selecionadas considerando-se os seguintes critérios em seu grau de abrangência: “NÃO ABORDA”, “ABORDA PARCIALMENTE” ou “ABORDA INTEGRALMENTE”.

Fonte: Elaboração própria

Quadro 3 — Categorias de análise das obras paradidáticas para o segundo objetivo específico.

2º Objetivo específico: <i>“Fazer uma análise comparativa das obras paradidáticas no que diz respeito à sua possibilidade de uso no Ensino de Química”.</i>
Categorias de análise selecionadas
A OBRA DISCUTE ASPECTOS E QUESTÕES:
1) Relevantes para o Ensino e aprendizagem de Química e ciências correlatas, apresentando informações adicionais que facilitam a compreensão do leitor ou que permitam desenvolver relações entre teoria e prática, tais como: quadros explicativos, glossários, folhetos informativos e/ou experimentos.
* Esse conjunto de categorias foi analisado para as obras selecionadas considerando-se os seguintes critérios em seu grau de abrangência: “NÃO DISCUTE”, “DISCUTE PARCIALMENTE” ou “DISCUTE INTEGRALMENTE”.

Fonte: Elaboração própria

Figura 2 – Capa do livro de Helene (1996)



Fonte: Elaboração própria

Figura 3 – Sumário do livro de Helene (1996)

SUMÁRIO

1	Introdução	7
2	O que é lixo nuclear?	11
	<i>As propriedades radioativas do lixo nuclear.</i>	
3	A origem da energia nuclear e o trabalho de Enrico Fermi	15
	<i>A reação de fissão nuclear e as primeiras bombas.</i>	
4	O uso do urânio nas bombas atômicas e nos reatores termonucleares	21
	<i>O uso do urânio e seu enriquecimento. O ciclo do combustível.</i>	
5	A energia nuclear como fonte de energia elétrica comercial	35
	<i>A produção de energia no mundo.</i>	
6	A produção e o tratamento do lixo nuclear	43
	<i>O processamento do lixo nuclear. O lixo da extração do minério urânio, dos reatores das usinas nucleares que já fecharam e de uso militar.</i>	
7	Os efeitos da radiação para a saúde	57
	<i>Os efeitos da radiação e os investimentos na segurança do lixo nuclear.</i>	
8	O que temos feito para nos livrarmos do lixo nuclear?	65
	<i>O descarte do lixo nuclear e os problemas do aterro geológico. O caminho do lixo nuclear será o mesmo do lixo tóxico?</i>	
	Glossário	73

As palavras em **negrito** estão explicadas no Glossário.

Fonte: Elaboração própria

Figura 4 – Capa do livro de Damasio e Tavares (2010)



Fonte: Elaboração própria

Figura 5 – Frente do sumário do paradidático de Damasio e Tavares (2010)

Sumário	
Prefácio: sem medo do que se conhece.....	ix
1. Introdução: baseado em fatos reais.....	1
• Um acidente radiológico, 2 • Um acidente nuclear, 4	
• Para entender e perder o medo, 5	
2. Os pioneiros do estudo da radiação.....	7
• Um raio misterioso, 8 • Uma descoberta iluminada, 10	
• Uma família brilhante, 12	
3. Afinal, o que é um elemento radioativo?.....	18
• As forças da natureza, 20 • Uma batalha a ser vencida, 24 • Um pouco mais de força, 25	
4. Transformando um elemento em outro: quase o que os antigos alquimistas queriam.....	28
• Alquimia: uma fusão de ciência com mais alguma coisa, 29 • Tipos de radiação, 31 • Transmutação de elementos, 35 • Séries de decaimento, 38	
5. Quanto tempo dura um elemento radioativo? E como detectá-lo?.....	40
• Atividade de uma amostra, 41 • Meia-vida, 41	
• Contador Geiger, 43	
6. Benefícios da radioatividade.....	46
• Datação, 47 • Medicina, 49 • Marca-passo artificial, 49 • Exames, 50 • Terapia, 51 • Agricultura, 51	
• Indústria, 53	

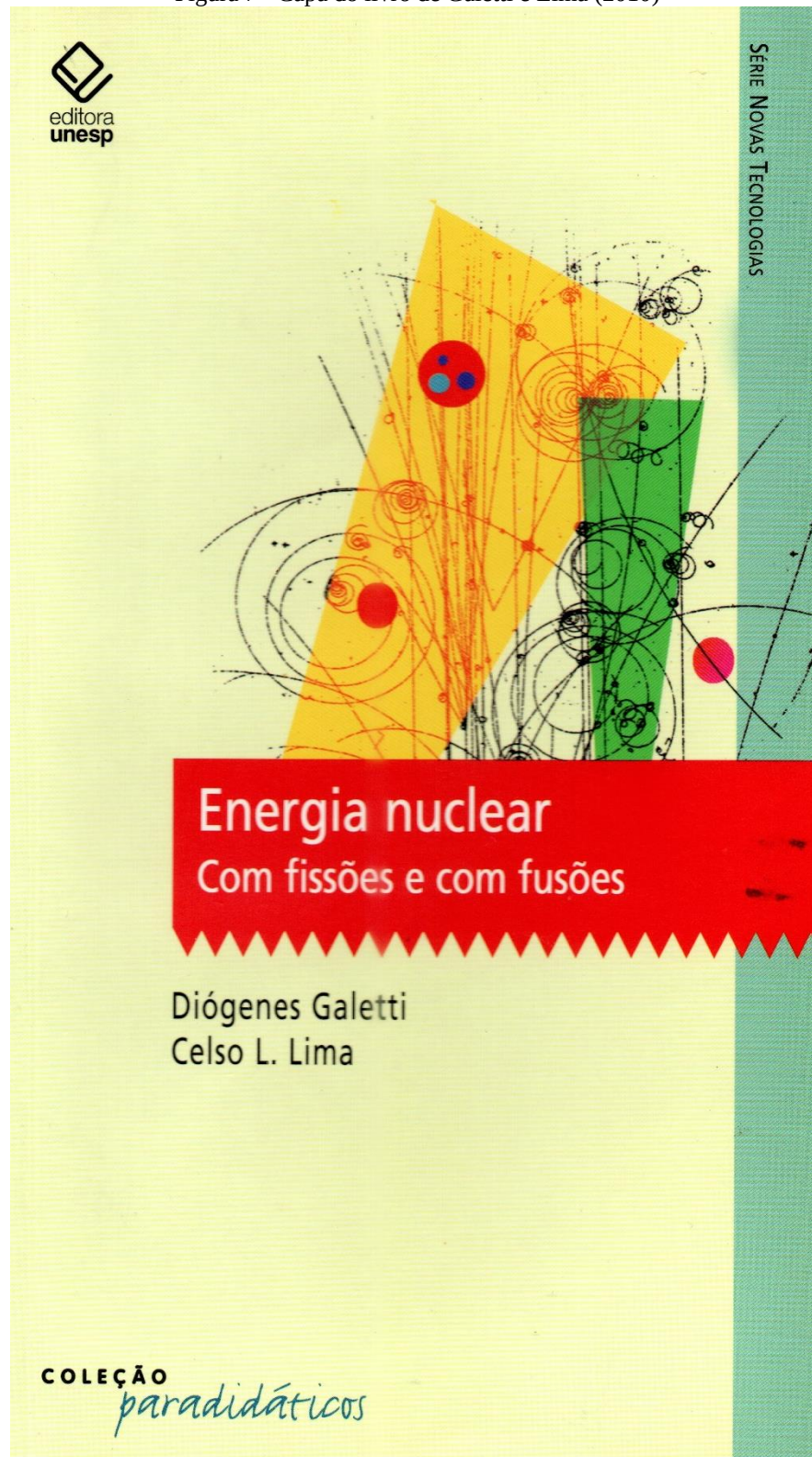
Fonte: Elaboração própria

Figura 6 – Verso do sumário do paradidático de Damasio e Tavares (2010)

7. Geração de energia elétrica.....	55
• Um problema a ser superado, 56 • Funcionamento de uma usina geradora de energia elétrica, 57 • Usinas hidrelétricas, 60 • Usinas termelétricas, 61 • Fontes alternativas de energia, 64 • Energia eólica, 64 • Biomassa, 65 • Energia solar, 66	
8. Usinas nucleares.....	68
• Fissão nuclear, 69 • Reação em cadeia, 70 • Controle da reação em cadeia, 72 • Enriquecimento de urânio, 76 • Reatores e usinas nucleares, 78 • Tecnologia nuclear no Brasil, 79 • Usinas nucleares no Brasil, 83 • Possibilidade de um acidente em Angra como em Chernobyl, 85 • Plutônio, 86 • Fusão nuclear, 88 • Fusão nuclear controlada na Terra, 91	
9. Perigos da radioatividade.....	94
• Efeitos da radioatividade sobre humanos, 95 • Lixo nuclear, 98	
10. Bombas nucleares.....	101
• Um mundo em guerra, 102 • A ameaça da bomba alemã, 104 • A ameaça da bomba aliada, 105 • Corrida pela bomba nuclear, 108 • Dias negros na nossa história, 112 • O mundo após a bomba atômica, 114 • Bomba de hidrogênio, 116	
Epílogo.....	118
Construindo uma usina térmica em casa.....	121
Construindo um motor elétrico caseiro.....	123
Um exemplo prático de reação em cadeia.....	124
Glossário.....	126
Protagonistas.....	134
Referências Bibliográficas.....	146

Fonte: Elaboração própria

Figura 7 - Capa do livro de Galetti e Lima (2010)



Fonte: Elaboração própria

Figura 8 – Sumário do paradidático de Galetti e Lima (2010)

SUMÁRIO

Introdução 11

CAPÍTULO 1
Olhando para dentro... 15

CAPÍTULO 2
... E vendo como funciona 30

CAPÍTULO 3
Dividir é bom... 47

CAPÍTULO 4
... Mas juntar também 73

CAPÍTULO 5
Energia: necessidades, riscos e futuro 94

CAPÍTULO 6
Epílogo 107

GLOSSÁRIO 112

SUGESTÕES DE LEITURA 115

QUESTÕES PARA REFLEXÃO E DEBATE 118

Fonte: Elaboração própria

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão desta pesquisa foram realizados, inicialmente, com base nos dados levantados a partir da leitura das obras selecionadas e na abordagem dos autores sobre uma temática importante e comum discutida nestas publicações. Assim, levando-se em consideração a amplitude da discussão e abundância de temas presentes nos três livros paradigmáticos, foi selecionado um recorte do tema mais amplo “Radioatividade” focando-se na análise e discussão da abordagem destes escritores, nas suas respectivas obras, sobre: os aspectos históricos e científicos da fissão nuclear; as aplicações da Radioatividade e questões socioambientais no contexto CTS. As notas do pesquisador (*nota própria*) complementam as narrativas dos autores das obras, objetivando complementar, ou facilitar a compreensão, do recorte textual apresentado.

5.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CIENTÍFICOS DA FISSÃO NUCLEAR

Helene (1996) inicia sua discussão trazendo explicações para o leitor sobre a origem da energia nuclear gerada no processo da divisão de um núcleo atômico (*na ciência nuclear, denomina-se nuclídeo, nota própria*) em dois outros núcleos mais estáveis com emissão de energia. No caso da fissão do urânio-235 em reatores, trata-se de um processo não espontâneo, induzido pelo bombardeamento dos átomos de U-235 com nêutrons e, a partir disso, são originados dois outros tipos de elementos químicos (*o correto seria afirmar que são originados dois átomos (ou nuclídeo) de elementos químicos diferentes, nota própria*), alguns nêutrons e, também, como resultado desse processo, a liberação de uma grande quantidade de energia. Esta autora ressalta também, no seu texto, que o quantitativo de energia armazenada nos núcleos atômicos é muito superior à quantidade de energia contida nas ligações químicas dos átomos, envolvendo seus elétrons de valências, como reproduzido na citação seguinte:

A energia nuclear origina-se da reação de fissão nuclear, que consiste na divisão de um núcleo em dois fragmentos com liberação de muita energia. Na reação de fissão nuclear do urânio-235, ele é bombardeado com nêutrons. Originam-se dois outros elementos químicos e cerca de três novos nêutrons com liberação de muita energia [...]. A quantidade de energia armazenada nos núcleos atômicos é incomparavelmente maior que a armazenada nas ligações químicas (presentes nas camadas eletrônicas) (Helene, 1996, p. 16-17).

A autora destaca, ainda, o cenário histórico da pesquisa científica envolvida na realização da primeira reação de fissão nuclear em cadeia, com a participação de físicos e

químicos importantes em um laboratório em Chicago, nos Estados Unidos, tendo a frente desse projeto o famoso físico italiano Enrico Fermi, buscando descobrir, no contexto científico e tecnológico da época, como liberar a energia armazenada nos núcleos atômicos, através do processo de fissão nuclear em cadeia controlada, como transcrito a seguir:

Num laboratório em Chicago, Estados Unidos, o físico italiano Enrico Fermi descobriu como liberar a energia armazenada nos núcleos dos átomos, através da reação de fissão nuclear em cadeia. Foi ele quem realizou pela primeira vez essa reação, bombardeando, com nêutrons velozes, uma amostra contendo urânio-235. Na época de Fermi já se sabia que o urânio desaparecia, dando origem a outros dois elementos químicos, dois ou três nêutrons de energia. O desafio daqueles físicos e químicos nucleares era realizar a reação de fissão nuclear em cadeia, isto é, era preciso criar condições para que os nêutrons liberados na fissão de outros átomos de urânio-235 da amostra, fazendo a reação progredir de forma controlada [...] (Helene, 1996, p. 18).

Por sua vez, Damasio e Tavares (2010) discutem o processo de fissão nuclear, destacando a natureza instável dos elementos radioativos cujos núcleos são grandes, enquanto os átomos com núcleos menores são estáveis (não radioativos) explicando que a quantidade de prótons nos núcleos atômicos diferencia os elementos químicos. Ademais, esses escritores afirmam que átomos de um mesmo elemento (*com mesmo número de prótons, nota própria*) podem ter diferentes números de nêutrons no núcleo, introduzindo assim, para seus leitores, o conceito de isótopos, conforme transcrito a seguir:

Elementos em que o núcleo é grande tendem a ser instáveis e radioativos, ao passo que elementos com núcleos pequenos tendem a ser estáveis e, como consequência, não radioativos. O que diferencia os elementos é, basicamente, o número de prótons em seu núcleo [...]. Um mesmo elemento pode possuir átomos com números diferentes de nêutrons, mesmo possuindo um número igual de prótons. Quando existem dois ou mais átomos com o mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons, estes átomos são ditos isótopos (Damasio; Tavares, 2010, p. 18-19).

Esses mesmos autores apresentam, na sua obra, o processo de fissão nuclear como sendo “a divisão de um núcleo em partes menores” (Damasio; Tavares, 2010, p. 69). Também citam a reação de fissão nuclear em cadeia, mencionada por Helene (1996), porém discutem de forma mais detalhada os subtemas envolvidos nesse assunto, ressaltando a importância tecnológica do controle desse tipo de reação, além de descrever o processo de enriquecimento de urânio e do funcionamento dos reatores e das usinas nucleares do Brasil.

A fissão ocorre quando um nêutron atinge um átomo maior, forçando-o a excitar e se dividir em dois átomos menores – também conhecidos como produtos de fissão. Também são liberados nêutrons adicionais que podem iniciar uma reação em cadeia. Nesse processo de fissão, uma enorme quantidade de energia é liberada. O urânio e o plutônio são mais

comumente usados para reações de fissão em reatores nucleares porque são fáceis tanto de iniciar como de controlar. A energia liberada pela fissão nesses reatores transforma a água em vapor. O vapor é usado para girar uma turbina para produzir eletricidade sem carbono (nota própria).

Para além disso, Galetti e Lima (2010), na sua obra, apresentam o conceito de fissão nuclear, citando a importante descoberta histórica dos núcleos atômicos por Ernest Rutherford e as contribuições dos cientistas Lise Meitner e Otto Frisch, os quais incitaram que o núcleo do urânio-235, quando é bombardeado por nêutrons, quebra-se em duas partes de tamanho menor, denominando o processo de quebra de um átomo ^{235}U pelo bombardeamento com nêutron de fissão nuclear induzida. *Lise Meitner e Otto Frisch, trabalhando com Niels Bohr, explicaram esse processo de fissão, sugerindo que o nêutron, quando capturado pelo núcleo de urânio-235, causa vibração severa e leva à divisão do núcleo em duas partes não exatamente iguais (nota própria).*

Ainda de acordo com a obra de Galetti e Lima (2010), o problema principal da utilização desse tipo de processo para fins energéticos está em entender a maneira pela qual deve-se iniciar a reação de fissão dos átomos de urânio-235 e como controlar esse tipo de reação em cadeia, conforme transcrito a seguir:

Logo após a descoberta da existência dos núcleos atômicos por Rutherford, já se conjecturava sobre a importância da expressão de Einstein, relacionando matéria e energia, para a compreensão desse novo mundo [...]. A explicação do fenômeno foi dada por Lise Meitner e seu sobrinho Otto Frisch, que propuseram que o núcleo do urânio, quando bombardeado por nêutrons, se quebra em dois núcleos menores, de tamanhos quase iguais. Eles chamaram esse processo de quebra induzida pelo nêutron de fissão nuclear (Galetti; Lima, 2010, p. 47-48).

Dessa maneira, a partir do que foi considerado por esses autores, no âmbito dos aspectos históricos e científicos do processo de fissão nuclear induzida, identificou-se, de forma mais geral, a contextualização CTS presente nas três obras. Ao analisar a abordagem trazida por Helene (1996), foi possível perceber que esta autora faz referência à origem dos estudos sobre energia nuclear e a contribuição dos cientistas para entendimento dos princípios científicos do processo de fissão nuclear, trazendo uma contribuição bastante significativa do contexto histórico e científico sobre esse assunto na sua obra. Entre as classificações propostas na metodologia desta pesquisa, observa-se que o tipo de contextualização mais adequado à discussão apresentada, conforme indicado por Helene (1996) e outros autores mencionados a seguir, é a perspectiva da contextualização histórica e científica.

Nesta mesma direção, foi possível analisar e verificar que os autores Damasio e Tavares (2010) abordam o contexto histórico e científico da fissão nuclear de forma menos abrangente, quando comparada com a abordagem de Helene (1996), se referindo aos conceitos de elemento químico, estável e radioativo, e à energia liberada na fissão nuclear, mas sem citar aspectos nitidamente históricos sobre esse tema, centralizando-se em discutir apenas questões de caráter científico. Por sua vez, ao analisar a abordagem dos autores Galetti e Lima (2010) sobre a fissão nuclear, no que se refere a esse mesmo tipo de contextualização, verifica-se que os mesmos apresentam uma discussão sobre as origens dos estudos de Radioatividade e da fissão nuclear, de forma mais ampla, pontuando as descobertas importantes para o desenvolvimento da ciência nuclear e citando os cientistas Ernest Rutherford, Lise Meitner e Otto Frish, famosos e laureados com o Prêmio Nobel, neste contexto histórico e científico.

Relacionando a fundamentação teórica deste estudo com as menções dos autores dos livros paradidáticos trazidas neste item, ressalta-se, ainda, a importância da abordagem histórica da Química (*e demais ciências, nota própria*) no processo de ensino e aprendizagem de Química (*e ciências afins, nota própria*), como destacado por Brasil (2006), que pode possibilitar aos estudantes ter a percepção do conhecimento científico como um processo histórico e socialmente construído. Ainda, de acordo com esse mesmo documento, a mera explicação do conhecimento científico sob um viés estritamente prático produz uma sociedade baseada em aspectos técnicos, sugerindo, para que isso não aconteça, que os estudos sobre a História da Química em consonância com o viés Ciência, Tecnologia e Sociedade, podem suprir a necessidade de abordar temas sociais na formação dessa área do conhecimento.

Sendo assim, a partir da análise da abordagem do processo de fissão por estes autores, foi possível constatar, comparativamente, que as obras de Helene (1996) e Galetti e Lima (2010) são as que contemplaram de forma mais adequada o que é a fissão nuclear no contexto histórico e científico, procurando trazer uma discussão mais abrangente sobre o assunto, apontando os conceitos e fazendo menções às descobertas científicas importantes nesta linha do tempo da fissão nuclear, com destaque para a descoberta do núcleo atômico por Rutherford, contextualizando a temática em um viés histórico e científico. Todavia, Damasio e Tavares (2010), nos trechos mencionados neste item, se ativeram a destacar com mais ênfase os aspectos científicos deste tema, em detrimento das questões históricas.

A partir dessas considerações, é possível entender a importância do estudo da fissão nuclear no contexto histórico e científico. Cabe, também, trazer a relevância da História da

Química atrelada aos aspectos científicos mais gerais desta parte da pesquisa, com o objetivo de entender como as partículas subatômicas foram descobertas e quais os procedimentos nucleares utilizados para os avanços científicos e tecnológicos da fissão nuclear e suas implicações (*riscos e benefícios, nota própria*) para a sociedade, tornando, assim, os tópicos destas obras paradigmáticas mais contextualizadas numa abordagem CTS.

5.2 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DA RADIOATIVIDADE

Optou-se por analisar, neste estudo, as abordagens trazidas pelos autores nos livros paradigmáticos selecionados, sobre as aplicações tecnológicas da Radioatividade, considerando a importância dessas tecnologias para a sociedade, quando, na maioria das vezes, têm sido destacados, com ênfase maior, nos diversos meios de comunicação e divulgação, os efeitos deletérios decorrentes das aplicações bélicas e dos grandes desastres nucleares que aconteceram ao longo da história da humanidade.

No contexto das aplicações tecnológicas da Radioatividade, Helene (1996) traz uma discussão sobre o uso da energia nuclear como fonte de energia elétrica, em reatores term nucleares, destacando aspectos históricos da produção de eletricidade nestes reatores, com início no ano de 1955, na antiga União Soviética, acompanhada pelos Estados Unidos, no ano de 1957. Ainda cita que, nessa época, a utilização da energia nuclear com objetivos bélicos era muito comum, tornando-se, inclusive, meio de competição no mercado, com a demanda crescendo significativamente nestes países desenvolvidos, como transcrito no texto seguinte:

Durante o ano de 1988, a energia nuclear supriu aproximadamente 17% da necessidade mundial de energia elétrica, gerando cerca de 1800 bilhões de quilowatts-horas [...]. Os países desenvolvidos são os que mais usam a energia elétrica obtida a partir da fissão nuclear. Os Estados Unidos, com mais reatores operando que qualquer outro país, produzem cerca de 20% de sua energia elétrica a partir da energia nuclear, enquanto os países da extinta União Soviética, que em conjunto são vice-líderes na produção, geram aproximadamente 13% [...] (Helene, 1996, p. 38).

Além da tecnologia nuclear desenvolvida para fins bélicos, a obra de Damasio e Tavares (2010) destaca os benefícios do uso da Radioatividade em contextos diversos e importantes para a sociedade, com destaque para a medicina nuclear, na radioterapia e no radiodiagnóstico, além de outras aplicações importantes na indústria, na agricultura e na datação de objetos. Nesta obra, os autores enfatizam a relevância desta temática, citando, como exemplo, a terapia medicinal com o radioisótopo (*isótopo radioativo, nota própria*) iodo-131, destacado na

citação seguinte:

A radioterapia é uma aplicação da radioatividade que tem salvado inúmeras vidas. Sua origem remonta ao casal Curie e era oficialmente conhecida como Curieterapia, que utilizava o elemento rádio. Atualmente, outros isótopos radioativos também são usados. O iodo-131 pode ser utilizado para tratar lesões diagnosticadas no exame da tireoide, mas com doses maiores do que as utilizadas nos exames. No tratamento de câncer, o uso da radioterapia é importante [...] (Damasio; Tavares, 2010, p. 51).

Neste mesmo livro, os escritores também descrevem para o leitor a técnica que utiliza o uso da Radioatividade na determinação da idade de um objeto, a partir da sua composição em termos das substâncias e de seus produtos derivados do processo de decaimento radioativo, natural ou artificial, de radioisótopos com tempos de meia-vida específicos, introduzindo, para o leitor, o conceito de meia-vida como sendo “o tempo necessário para reduzir à metade o número de átomos de uma amostra radioativa, ou seja, quando metade desses átomos se transformar em outro elemento” (Damasio; Tavares, 2010, p. 41).

Esses escritores ainda abordam a importante aplicabilidade da Radioatividade na agricultura, na perspectiva de aperfeiçoar a produção de alimentos através do conhecimento do metabolismo das plantas, afirmando que essa utilização acontece por meio da absorção de radioisótopos por esses seres vivos. Uma vez absorvido, o radioisótopo pode ser localizado por imagem e, a partir da localização do radioisótopo, é possível obter informações sobre o metabolismo vegetal, conforme o texto da referida obra, transcrito abaixo:

Uma maneira de aperfeiçoar a produção de alimentos é conhecendo melhor o metabolismo das plantas: o que é absorvido pelas folhas e raízes, o que precisam para crescer, entre outras informações relevantes. O uso da radiação, neste caso, isótopos radioativos, é feito provocando uma absorção desses isótopos pelas plantas. É possível localizar o radioisótopo utilizando um filme semelhante ao usado em radiografias. Conhecendo a localização desses isótopos, é possível obter as informações importantes sobre o metabolismo das plantas (Damasio; Tavares, 2010, p. 51-52).

Outrossim, ao analisar as contribuições de Galetti e Lima (2010), sobre as aplicações tecnológicas da Radioatividade, verifica-se que os mesmos abordam de forma bastante resumida e pouco específica essa ampla gama de possibilidades das aplicações tecnológicas da ciência e tecnologia nuclear, dando ênfase, na sua obra, em discutir essa temática no contexto do desenvolvimento das tecnologias nucleares e suas aplicações em diferentes áreas do cotidiano, ressaltando a importância de adotar uma perspectiva voltada para as diversas aplicações da radiação nuclear, indo além dos amplamente conhecidos e difundidos fins bélicos, como evidenciado na citação a seguir.

Não é levado em conta, entretanto, que muitas vidas foram salvas por meio de tratamentos, diagnósticos ou técnicas de visualização de detalhes específicos do corpo humano que usam diretamente materiais radioativos e técnicas correlatas. Muitos desses elementos radioativos são produzidos em reatores nucleares com a finalidade específica de atender hospitais e centros de diagnóstico e tratamento [...] (Galetti; Lima, 2010, p. 110).

Tendo em vista o que foi apresentado neste item, a partir da análise das abordagens apresentadas nestes livros paradidáticos sobre as aplicações tecnológicas da Radioatividade, foi possível observar um grau de abrangência diferenciado nas três obras mencionadas. No livro paradidático de Helene (1996), verifica-se a contextualização no âmbito da tecnologia, mas de forma incompleta e sem apresentar para o leitor as diferentes possibilidades de aplicação tecnológica da energia nuclear, tendo como foco principal o uso desse tipo de energia para obtenção de eletricidade comercial e, em outros momentos, citando o uso do urânio na produção de armamentos bélicos.

A respeito da abordagem dos autores Damasio e Tavares (2010), em seu livro paradidático sobre as aplicações tecnológicas da Radioatividade, é possível afirmar que eles apresentaram, de forma mais ampla e detalhada, essa contextualização, descrevendo para o leitor uma variedade de aplicações importantes da radiação nuclear, na medicina (*no tratamento e diagnóstico de uma gama de doenças específicas, nota própria*) e na agricultura.

Entretanto, a partir da análise da obra de Galetti e Lima (2010), verifica-se que estes autores fazem uma menção resumida das aplicações tecnológicas da Radioatividade, apresentando uma contextualização parcial, no âmbito da tecnologia, não abrangendo as inúmeras e importantes aplicações da Radioatividade para a sociedade.

Relacionando o que foi destacado neste item com a fundamentação teórica deste estudo, vale mencionar que esta contextualização é fundamental no ensino e aprendizagem de Química (*e das Ciências, nota própria*), como mencionado no texto da BNCC (Brasil, 2017), sobre a prática de relacionar os conteúdos escolares com a realidade e as experiências dos estudantes, o que pode tornar a aprendizagem mais significativa e relevante para eles. A contextualização favorece a percepção social mais aprofundada sobre a aplicabilidade dos conhecimentos na vida cotidiana e permite o desenvolvimento de competências necessárias no enfrentamento de desafios reais e para o exercício da cidadania.

Dessa forma, os textos explorados revelam elementos que enriquecem as abordagens contextualizadas sobre tecnologia, especialmente o livro de Damasio e Tavares (2010), em que eles ressaltam, de forma mais detalhada, as amplas e importantes possibilidades de

aplicações da Radioatividade (*da Ciência Nuclear e suas tecnologias, nota própria*). Este é um aspecto relevante a ser observado pelo professor quanto à escolha do livro paradidático como recurso didático complementar na sua prática docente no contexto CTS.

5.3 ABORDAGEM CIENTÍFICA E SOCIOAMBIENTAL DA RADIOATIVIDADE

Optou-se por analisar, neste estudo, a abordagem científica e socioambiental da Radioatividade, trazida pelos autores nos livros paradidáticos selecionados, considerando a relevância desta temática no contexto do ensino e aprendizagem numa abordagem CTS. Como citado por Voigt (2021), a forma como a BNCC propôs o ensino de Ciências da Natureza visa contemplar, preferivelmente, as possíveis conexões e diálogos envoltos nas mais diversas áreas do conhecimento com a sociedade *e o meio ambiente (nota própria)*.

Na perspectiva da abordagem científica e socioambiental da Radioatividade, Helene (1996) traz os benefícios do uso da energia nuclear para a sociedade, evidenciando aspectos diversos no contexto da geração de termoeletrônica e sua capacidade instalada, destacando a redução nos índices de poluição atmosférica, mas, em contrapartida, ressalta a necessidade da discussão sobre o lixo nuclear gerado neste processo, como transcrito a seguir:

Ampliação da capacidade instalada de geração elétrica (produção de mais energia elétrica), custo menor (hoje não mais) que a energia termoeletrônica (queima de combustíveis fósseis), menor índice de poluição atmosférica por unidade de energia gerada, etc. Mas sobre o subproduto desse conforto energético — o lixo nuclear — pouco se falou, restringindo a escolha pela energia nuclear apenas às suas vantagens [...] (Helene, 1996, p. 44).

Nesse sentido, a autora chama a atenção para os impactos socioambientais do lixo nuclear gerado como subproduto nas usinas termonucleares (*e em outros contextos científicos, industriais, médicos, nota própria*), citando os riscos inerentes a estes resíduos radioativos para o meio ambiente, considerando, no contexto histórico da publicação desta obra, a impossibilidade de se ter uma solução viável para o descarte destes resíduos, como ocorre com o lixo não radioativo, tendo em vista que “o lixo nuclear não pode ser destruído” (Helene, 1996, p. 66). Nesta citação, a autora faz referência ao fato de que os elementos radioativos (*ou radionuclídeos, nota própria*) não podem ser destruídos por nenhum processo químico ou mecânico conhecido. *A sua destruição final ocorre através do decaimento em isótopos estáveis ou por transmutação nuclear, por bombardeamento com partículas atômicas (nota própria)*.

A escritora também considera, no contexto histórico da publicação da sua obra, não haver garantia de que todo o lixo nuclear produzido possa ser devidamente aterrado, sendo a sua manutenção, em um local seguro, um trabalho de longos anos. No cenário dessa discussão, descreve também o processo e os materiais adequados para a blindagem da radiação emitida pelo lixo atômico, além de introduzir para o leitor a redução da atividade do material radioativo, expressa em unidade curie conforme a transcrição seguinte:

Atividade radioativa é a medida da taxa de desintegração dos átomos em uma substância radioativa. Em termos simples, ela indica quantas partículas, ou fótons, são emitidas por segundo em decorrência da transformação dos núcleos instáveis em núcleos estáveis, num processo chamado decaimento radioativo. A atividade é expressa em becquerel, Bq, no Sistema Internacional, onde 1 Bq corresponde a uma desintegração por segundo. A taxa de atividade de uma amostra depende do tipo de isótopo radioativo e da quantidade de material presente. Isótopos com meia-vida curta terão uma atividade maior, pois desintegram-se rapidamente, enquanto os de meia-vida longa possuem uma taxa de desintegração mais baixa, (nota própria).

O lixo nuclear pode irradiar uma pessoa que dele se aproximar, ou contaminar quem nele tocar, ou for atingido, no caso de um acidente, por átomos radioativos desse lixo. Por isso, é necessário embalá-lo com uma blindagem de grossas paredes de cimento e chumbo. Essa blindagem também impede que as partículas radioativas do lixo entrem em contato com o ar ou com a água da região onde ele está depositado. Com o passar do tempo, diminui o número de desintegrações que o material radioativo emite por segundo, tornando o lixo menos perigoso. Passado um ano, a atividade por tonelada de combustível irradiado passa de 177,242 milhões de curies a 693 mil curies. Após 10 mil anos, ela será de apenas 470 curies [...] (Helene, 1996, p. 44-45).

Esta mesma autora também destaca os riscos inerentes ao armazenamento do lixo nuclear, como o enterramento desse material, elencando os problemas gerados nos aterros geológicos que podem resultar em situações com impactos ambientais mais desafiadores devido ao contato deste tipo de resíduo com os lençóis de água subterrânea e demais reações químicas que podem ocorrer nesses locais.

Damasio e Tavares (2010), na abordagem dos aspectos científicos e socioambientais da Radioatividade, alertam sobre a necessidade de ampliar a discussão para além das inúmeras aplicações da Radioatividade e seus benefícios para a sociedade, mas também refletir sobre o descarte adequado do lixo nuclear, destacando a importância deste processo para mitigar os danos ao meio ambiente e trazendo detalhes, técnicos e temporais, sobre os aterros geológicos subterrâneos, como apontado na transcrição seguinte:

A indústria nuclear sugere que o lixo seja colocado em aterros geológicos, com profundidade de 500 metros. Mas, como o lixo nuclear ficará por lá durante pelo menos 10 mil anos, é preciso ter cuidados especiais antes de usar os aterros. O que deve ser levado em consideração são fatores como o movimento das águas subterrâneas e os processos químicos que ocorrerão nos aterros [...] (Damasio; Tavares, 2010, p. 100).

Nessa mesma perspectiva, Galetti e Lima (2010) discutem como as diferentes fontes de energia poderiam ser melhor aproveitadas, ressaltando a necessidade de melhorias nos métodos de produção, com otimização do processo, diminuindo as perdas e promovendo um consumo mais cuidadoso da força energética gerada. Se referem especificamente à energia nuclear, cujos reatores não lançam, de forma direta, poluentes no ar. Entretanto, destacam a grande quantidade de eletricidade consumida no ciclo de preparação do urânio (*um aspecto importante e com grande potencial para contextualização dos conteúdos e de processos químicos com enfoque CTS, nota própria*). Citam, como exemplo, a poluição ambiental no processo do enriquecimento desse material, em função da fonte de energia elétrica usada numa determinada etapa. Mas, afirmam, que os reatores nucleares são comumente vistos como fontes aceitáveis de energia, conforme o trecho a seguir:

Como os reatores nucleares não queimam combustíveis fósseis, eles não emitem diretamente poluentes no ar. Porém, o ciclo de preparação do urânio, desde sua extração até sua conversão em combustível no reator, o que envolve o processo de enriquecimento do isótopo físsil ^{235}U , consome grandes quantidades de energia elétrica. No processo de enriquecimento pode ocorrer emissão de poluentes, dependendo do tipo de fonte de geração de energia elétrica usado. Do ponto de vista ambiental, os reatores nucleares podem, portanto, ser vistos como uma fonte aceitável de energia (Galetti; Lima, 2010, p. 102-103).

O enriquecimento do urânio é o processo pelo qual se aumenta a concentração do isótopo de urânio-235 em uma amostra de urânio natural. O urânio natural é composto principalmente de urânio-238 que não é eficiente para sustentar uma reação nuclear em cadeia, enquanto o urânio-235 é fissionável e, portanto, essencial para reatores nucleares e armas nucleares. Para aumentar a concentração de urânio-235, o urânio natural passa por um processo de separação isotópica por diferentes métodos, (nota própria).

Em síntese, os autores das três obras paradigmáticas destacam nestas edições temáticas de importância significativa sobre a abordagem científica e socioambiental da Radioatividade. Helene (1996) frisa os benefícios e malefícios do uso da energia nuclear para a sociedade, pontuando as principais consequências do descarte inadequado do lixo nuclear. Damasio e Tavares (2010) destacam, ainda, o destino apropriado de rejeitos nucleares. Galetti e Lima

(2010) enfatizam que a energia poderia ser melhor gerada, em especial, no ciclo de preparação do urânio.

Portanto, observou-se, a partir desta análise, que as obras paradidáticas selecionadas neste estudo trazem inúmeras contribuições sobre as questões científicas e socioambientais as quais também se relacionam com a fundamentação teórica deste estudo, sobretudo, com relação aos impactos socioambientais destacados e a importância da Química para a cidadania e a sustentabilidade do nosso Planeta. Segundo Santos (2011), a ciência Química possui um papel crucial na promoção de ações sustentáveis causadas pelas atividades humanas, ainda mais, a educação em uma abordagem CTS envolve a integração entre diferentes áreas de pesquisa e pode promover uma postura não neutra e isolada do cidadão em relação ao conhecimento científico. Sendo assim, não se deve separar a Química do cotidiano e das questões socioambientais.

A partir das considerações anteriores sobre os livros paradidáticos selecionados, elaboradas a partir da análise dos recortes temáticos definidos neste estudo, foi possível construir o Quadro 4, apresentado a seguir, com a intenção de melhor visualizar as classificações identificadas em cada item, nesta primeira parte da pesquisa, no âmbito das três categorias de contextualização propostas na metodologia, podendo ser evidenciados os diferentes graus de abrangência contemplados ou não pelos autores selecionados:

Quadro 4 — Categorias de análise dos livros paradidáticos e seus graus de abrangência

Categorias de análise selecionadas	Graus de abrangência e Autores		
	Não apresenta	Apresenta parcialmente	Apresenta integralmente
Contexto histórico e científico		Damasio e Tavares (2010)	Helene (1996); Galetti e Lima (2010)
Contexto tecnológico		Helene (1996); Galetti e Lima (2010)	Damasio e Tavares (2010)
Contexto científico e socioambiental		Galetti e Lima (2010)	Helene (1996); Damasio e Tavares (2010)

Fonte: Elaboração própria

Os dados analisados indicam que, na abordagem do contexto histórico e científico, Helene (1996) discute, de forma considerável, as questões que envolvem o surgimento e desenvolvimento da Ciência Nuclear e a contribuição histórica dos cientistas no estudo da fissão nuclear. Galetti e Lima (2010) também discutem os conceitos abordados nessa parte da

pesquisa, de forma abrangente. No entanto, as menções trazidas por Damasio e Tavares (2010) sobre o contexto histórico-científico da fissão nuclear permitem que sejam classificadas como menos abrangentes, comparativamente, diante da pouca apresentação, nos trechos analisados, da temática em um viés histórico.

Quanto ao contexto tecnológico, foi possível verificar que tanto Helene (1996) quanto Galetti e Lima (2010) centralizam a discussão em poucas aplicações tecnológicas da Radioatividade de forma que foi possível classificar os textos analisados nesta parte da pesquisa como uma abordagem tecnológica parcial. Todavia, Damasio e Tavares (2010) foram, comparativamente, mais abrangentes em suas discussões, permitindo ao leitor conhecer e refletir sobre as mais variadas aplicações tecnológicas da Radioatividade com impactos positivos para a sociedade.

Quanto ao contexto científico e socioambiental, a partir da leitura e análise dos temas selecionados nesta categoria de contextualização, foi possível concluir que Helene (1996) aborda, de forma expressiva, a contextualização científica e socioambiental apontando não só os benefícios do uso da energia nuclear, mas também os seus malefícios, destacando os aspectos científicos envolvidos na contaminação ambiental, inerentes do lixo nuclear e seu descarte no meio ambiente.

Damasio e Tavares (2010) também mostram possibilidade de contextualização científica e socioambiental, de maneira abrangente, quando abordam não só os conceitos científicos da Radioatividade, mas também os inúmeros benefícios socioambientais dessas aplicações apontando, ainda, a necessidade de um destino adequado para o lixo nuclear.

No entanto, Galetti e Lima (2010), discutem o contexto científico e socioambiental da Radioatividade de maneira menos evidenciada, porque se atém na discussão sobre como a energia nuclear pode contribuir para a poluição ambiental, em uma perspectiva muito restrita, fazendo-se uma análise comparativa diante do que foi considerado pelos outros autores nas suas respectivas obras.

6 POSSIBILIDADE DO USO DOS LIVROS PARADIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Após a leitura dos livros paradidáticos e dentre os subtemas escolhidos para a pesquisa, destaca-se, nesta segunda parte deste estudo, a análise da possibilidade do uso dos livros paradidáticos como recurso didático complementar no Ensino de Química, do tema Radioatividade que, como o próprio nome indica, *é o ato de emitir radiação espontaneamente por um núcleo atômico — na forma de partículas energéticas e ondas eletromagnéticas — que, por algum motivo, é instável e muda sua configuração abrindo mão de um pouco de energia (nota própria).*

Os escritores Damasio e Tavares (2010) apresentam, no final do seu livro paradidático, um epílogo no qual ressaltam a importância de a sociedade compreender a Radioatividade para que as pessoas possam desenvolver uma opinião bem fundamentada sobre o tema. *Ressalta-se, neste estudo, que nenhuma atividade ou prática humana está totalmente isenta de riscos associados, portanto, a radiação nuclear deve ser vista na perspectiva de que o benefício que ela traz para a humanidade é menos prejudicial do que o de muitos outros agentes (nota própria).*

Neste epílogo, estes autores destacam que o livro escrito por eles foi estruturado com o intuito de disponibilizar informações para os leitores sobre a utilização da Radioatividade e, no caso do leitor ser um profissional da educação, encontrar subsídios para as discussões, nos ambientes formais e informais de ensino e aprendizagem, sobre os benefícios e malefícios do uso da Radioatividade em diferentes contextos, além de apontar as possibilidades de utilização das diferentes formas de energia, oferecendo informações importantes para os estudantes.

Consideram, ainda, que essa temática não pode ficar isenta da opinião e discussão da população, apontando a sua importância na perspectiva de poder oferecer bem-estar social, quando utilizada de forma segura (*obedecendo às normas de proteção radiológica para trabalhadores e indivíduos, nota própria*) e para fins específicos, pois, se usada e manuseada de maneira inadequada, poderá gerar danos e destruição (*inclusive efeitos hereditários e tardios, nota própria*).

Segundo Galetti e Lima (2010) a decisão sobre o uso de qualquer tipo de energia também é responsabilidade do cidadão, mas, mencionam que para realizar avaliações sérias quanto a segurança (*dos trabalhadores e do público, nota própria*) é essencial ter informação disponível a respeito dos conceitos básicos da produção, dos riscos, da forma de deslocamento do material radioativo, bem como das reações nucleares e químicas envolvidas nos processos

e aplicações de ciência nuclear e suas tecnologias. Esses autores defendem que, independentemente do tipo de energia usada, é necessário que as pessoas saibam os prós e os contras inerentes ao uso de quaisquer tipos de energia, principalmente a energia nuclear, diante do contexto da formação científica, tecnológica e socioambiental.

No que se refere à categoria de contextualização CTS e sua relevância para o ensino e a aprendizagem de Química (*e ciências correlatas, nota própria*), os três autores apresentaram, nas suas obras, aspectos que podem contribuir para o Ensino de Química, sugerindo abordagens tanto para educadores quanto para outros especialistas na área. As recomendações envolvem formas de explorar o tema em ambientes de ensino e aprendizagem, formais e informais, além de propostas sobre o futuro da Radioatividade e ações que os especialistas poderiam considerar.

As obras, objeto de análise neste estudo, também apresentam, na sua estrutura textual, quadros explicativos e glossários, os quais possuem informações mais detalhadas sobre essa temática e seus subtemas específicos, além de termos técnicos trazidos nos textos destas publicações, com seus respectivos significados, para que o leitor possa melhor entender e aprofundar a sua compreensão sobre a discussão apresentada pelos autores nestas obras.

Todavia, o texto de Damasio e Tavares (2010) se destaca entre os outros, apresentando categoria de contextualização para o Ensino de Química, de forma mais abrangente, porque menciona mais elementos, os quais podem ser melhor explorados no ensino e na aprendizagem dessa Ciência, como, por exemplo, a presença de algumas informações sobre personalidades renomadas na história da humanidade, mencionados na parte do livro denominada ‘Protagonistas’. Ademais, trazem três sugestões de experimentos, assim denominados: (i) ‘Construindo uma usina térmica em casa’; (ii) ‘Construindo um motor elétrico caseiro’; (iii) ‘Um exemplo prático de reação em cadeia’.

Também é importante considerar, com base nas temáticas trazidas nos livros paradidáticos analisados neste estudo, no que se refere à abordagem do enfoque CTS, que esse viés pode possibilitar a criação de estudos de caso e situações problemas contextualizados nas atividades escolares corroborando com a ideia de que a abordagem CTS pode ajudar a desenvolver competências, tais como: uma postura crítica frente a eventos sociais que envolvem conhecimentos científicos e tecnológicos, além da capacidade de tomar decisões sobre temas de ciência e tecnologia transmitidos pelas diversas mídias, de maneira analítica, reflexiva e crítica (Brasil, 2006).

De acordo com Ruzza (2016), o excesso de conteúdo memorizado e desconectado da realidade dos estudantes no Ensino de Química contribui para o desinteresse deles por essa

Ciência, que tem sido percebida como uma área de conhecimento desestimulante e sem ter uma relação clara com o cotidiano vivenciado por eles. Além disso, esta autora também destaca o alto grau de abstração dos conteúdos químicos, baseando-se em modelos teóricos bastante abstratos, sendo necessário utilizar diferentes estratégias para facilitar a construção da aprendizagem efetiva dos estudantes.

Algumas estratégias formativas motivacionais para o estudante, levando em consideração as obras analisadas de Damasio e Tavares (2010), Galetti e Lima (2010) e Helene (1996), podem ser subsidiadas pelo uso do livro paradidático como recurso didático complementar, potencializador do ensino e aprendizagem de Química e ciências correlatas, trazendo uma abordagem histórica e contextualizada com enfoque CTS, podendo auxiliar tanto o professor quanto os estudantes em atividades didáticas e de pesquisa. A BNCC (Brasil, 2017) faz referência ao uso dessas obras na Educação, apresentando o termo ‘paradidático’ quando se refere às práticas de estudo e pesquisa, com relação à função do livro paradidático, na qual poderia se adequar como fontes de informação. Esse mesmo documento destaca ainda que os objetivos presentes neste tipo de obra literária devem levar em consideração que os estudantes adquiram uma formação que possa envolver todos os integrantes das comunidades escolar e civil.

O Quadro 5 apresenta as categorias de análise identificadas que são relevantes para o ensino e aprendizagem de Química e ciências correlatas nas três obras analisadas neste estudo, nas quais os três autores mostraram, de forma mais ou menos abrangente, os elementos correspondentes a essa classificação e seus graus de abrangência.

Quadro 5 - Categorias de análise dos livros paradidáticos e seus graus de abrangência

Categorias de análise identificadas		
Relevantes para o Ensino e aprendizagem de Química e ciências correlatas: apresentando informações adicionais que facilitam a compreensão do leitor ou que permitam desenvolver relações entre teoria e prática, tais como: quadros explicativos, glossários, folhetos informacionais e/ou experimentos.		
Graus de abrangência e Autores		
Não apresenta	Apresenta parcialmente	Apresenta integralmente
	Helene (1996); Galetti e Lima (2010)	Damasio e Tavares (2010)

Fonte: Elaboração própria

De forma geral e comparativamente, Damasio e Tavares (2010) apresentaram mais elementos que podem possibilitar a criação de momentos facilitadores do ensino e aprendizagem do tema Radioatividade, em detrimento dos outros dois escritores, pois apresentaram, na sua obra, informações adicionais, incluindo curiosidades a respeito de cientistas e historiadores, como também sugestões de experimentos que podem ser desenvolvidos nos espaços de ensino e aprendizagem de Química.

Além do que apresenta os livros mencionados, vale destacar algumas opções, as quais podem ser desenvolvidas em sala de aula por parte do professor com a utilização dos livros paradidáticos analisados nesta pesquisa:

1. Criação de situações-problema, estudos de caso, júri simulado e outras metodologias diferenciadas no Ensino de Química e ciências correlatas: A partir do que é discutido no texto de Helene (1996), o profissional de educação pode criar momentos de ensino e aprendizagem contextualizados com foco CTS e interdisciplinar em que possa ser discutida a temática sobre o descarte adequado do lixo nuclear, como também, envolver os alunos na discussão a respeito do uso de armas nucleares e os impactos das tecnologias desenvolvidas a partir da Radioatividade, relacionando ou tomando como base complementar o que traz Damasio e Tavares (2010). Além disso, pode-se sugerir como outro tema importante o uso de diferentes tipos de energia, em especial, a energia nuclear, seus benefícios e malefícios, conectando-se, de forma crítica, ao que aborda Galetti e Lima (2010).

2. Experimentos no Ensino de Química e ciências correlatas: Com base nas sugestões de experimentos trazidos por Damasio e Tavares (2010), as quais foram: ‘Construindo uma usina térmica em casa’; ‘Construindo um motor elétrico caseiro’ e ‘Um exemplo prático de reação em cadeia’, o profissional de educação pode propor momentos de aprendizagem investigativa, contextualizada e interdisciplinar, a partir das opções trazidas por esses autores, adaptando-as, se possível e possibilitando que haja maiores momentos de discussão sobre a teoria e prática vistas em sala de aula.

Dessa forma, cada texto foi enriquecedor para a discussão proposta e pode ser um caminho para a amenização da fragmentação do ensino e aprendizagem dos conteúdos químicos, como ressaltado por Ruzza (2016). É importante frisar que essas obras contemplam a Radioatividade no contexto histórico da Ciência, Tecnologia e Sociedade, de forma mais ou menos abundante e integrada à matriz curricular da Química e ciências afins. Dessa maneira, tais obras poderão enriquecer o planejamento do professor e, mesmo que não sejam utilizados como recurso didático, em ambientes formais de ensino e aprendizagem, poderão contribuir para uma formação complementar do estudante, do professor pesquisador nessa área do

conhecimento ou mesmo de um curioso do assunto, ao nível de aprofundamento, como aponta Brasil (2006). Além do que, expuseram possibilidades contextualizadas dentro das categorias propostas nesta pesquisa, as quais mostraram ser muito úteis na classificação dos livros paradidáticos, podendo, então, serem aprofundadas em futuros projetos de desenvolvimento de livros paradidáticos e/ou científicos.

Como já ressaltado anteriormente, neste estudo, a Radioatividade é um tema muito importante e, sendo assim, precisa ser mais bem entendida pela sociedade. Nesta perspectiva, é necessário que informações confiáveis possam ser disponibilizadas de forma ampla e diversificada e que especialistas compartilhem os conhecimentos necessários, a fim de tirar a população de um estado de ignorância e preconceito sobre o assunto. As armas nucleares são uma recorrente ameaça à vida no nosso Planeta, mas também precisam ser estudadas e compreendidas; assim como políticas pela paz entre as nações devem ser desenvolvidas, com o objetivo de que a energia nuclear seja utilizada e potencializada para fins benéficos e não servir de risco para a humanidade, em casos mais críticos. Um primeiro passo para melhor entendê-la pode iniciar a partir da leitura, desenvolvimento e atualização de mais obras sobre o assunto, de baixo custo e facilmente acessíveis para compartilhamento social, incluindo os livros paradidáticos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da pesquisa realizada, tendo como objetivo principal “investigar a abordagem do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, nos livros paradidáticos publicados nos anos de 1990 a 2010, no Brasil, como potencial recurso didático do tema Radioatividade, no Ensino de Química”, pautando-se nos resultados e discussões deste estudo, pode-se afirmar que os livros paradidáticos analisados, publicados nos anos de 1990 a 2010 no Brasil, abordam o tema Radioatividade com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

No que se refere a abordagem, nas obras analisadas neste estudo, do tema Radioatividade em uma perspectiva CTS, foi possível perceber que o livro paradidático de Damasio e Tavares (2010) contemplou de forma mais abrangente as categorias dessa abordagem CTS nos contextos: ‘tecnológico’; ‘científico’; ‘socioambiental’ e ‘relevantes para o Ensino e aprendizagem de Química e ciências correlatas’. As obras de Helene (1996) e Galetti e Lima (2010) foram menos abrangentes, porque mostraram aspectos mais específicos da temática Radioatividade, quando comparados com Damasio e Tavares (2010).

Ademais, Damasio e Tavares (2010), diferentemente dos demais autores, mencionam, na sua obra, as diferentes e importantes possibilidades de aplicações da Radioatividade e suas tecnologias, com impactos na qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente, podendo gerar benefícios diversos para a sociedade. Helene (1996), no entanto, se aprofunda de maneira mais específica na temática do lixo nuclear, perpassando por poucas aplicações da Radioatividade no cotidiano. Já Galetti e Lima (2010) destacam, na sua obra, que a discussão sobre a Ciência Nuclear envolve, além de aspectos tecnológicos e sociais, a compreensão científica dos fenômenos nucleares, com destaque para a fissão nuclear.

Quanto à identificação e análise comparativa das obras paradidáticas analisadas neste estudo, no que diz respeito à potencialidade das mesmas para uso no Ensino de Química, foi possível constatar que os três livros apresentam elementos textuais e discursivos que, atendem à categoria de contextualização, “relevantes para o Ensino de Química”, possibilitando que os profissionais de educação visualizem e compreendam como essas obras podem ser utilizadas no dia a dia escolar ou para que esses profissionais possam se aprofundar na temática Radioatividade.

Nessa perspectiva, verifica-se que o livro paradidático de Damasio e Tavares (2010) apresentou maior diversidade de conteúdos complementares que são importantes e podem auxiliar o professor no seu planejamento de ensino e na abordagem metodológica, incluindo, nesta edição, glossário, quadros explanativos, sugestões de experimentos e curiosidades sobre

personagens renomados da história da humanidade. Os autores Helene (1996) e Galetti e Lima (2010) apresentaram de forma mais sucinta alguns elementos adicionais nas suas obras paradidáticas, como glossários e quadros explanativos.

Não apenas isso, é necessário destacar que os livros paradidáticos analisados neste estudo também apresentaram algumas limitações com relação às datas de publicações e aspectos gráficos destas obras. Os livros paradidáticos escolhidos não são recentes, porque foram publicados em 1996 e 2010. Também foi possível verificar que não houve reedições desses livros, encontradas nos sites de busca na internet e publicadas durante as duas últimas décadas. Ao fazer uma análise visual de algumas dessas obras, também se verifica a baixa qualidade em algumas imagens colocadas nestas edições, principalmente no livro de Helene (1996) e de Galetti e Lima (2010), em que algumas figuras são mais difíceis de visualizar e entender.

É fundamental mencionar que os livros analisados no contexto deste estudo têm graus de dificuldade diferentes com relação aos conteúdos sobre a Ciência Nuclear e que, para ser trazido para o Ensino de Química, é importante que o profissional de educação possa estudar melhor as obras mencionadas, antes de decidir sobre a utilização das mesmas, como recurso didático complementar, na sua prática docente na abordagem do tema Radioatividade. Nessa perspectiva, os resultados e discussões deste estudo são importantes para orientá-los e guiá-los nessa escolha.

Também como resultado desta pesquisa, é evidente a indicação de que a baixa utilização e procura por livros paradidáticos nas escolas e nas editoras buscadas no levantamento deste estudo pode levar ao desuso de obras desse tipo. No entanto, os paradidáticos podem ser recursos didáticos propícios na abordagem dos conteúdos transversais e com possíveis perspectivas mais amplas sobre conceitos de Química — o que poderia amenizar as lacunas enfrentadas no ensino dessa área, em especial, diante da fragmentação do conhecimento.

Portanto, com base nas dificuldades vivenciadas no Ensino de Química, percebeu-se que é preciso que as informações sobre Radioatividade e suas particularidades possam ser compartilhadas para a comunidade civil de uma maneira crítica, visando a formação de cidadãos responsáveis e conscientes do que se trata esse tema, possibilitando enfrentar algumas das barreiras e limitações expostas e colocadas através da mídia, a qual, muitas vezes, não tem a finalidade de conscientizar criticamente quem consome esse tipo de conteúdo e seus impactos, tanto positivos quanto negativos, para a sociedade e o meio ambiente, com interesses meramente comerciais. Assim, a leitura dos livros paradidáticos e dos demais livros científicos poderá contribuir para uma melhor compreensão dessa temática, tão cheia de mitos e preconceitos sociais devido à ausência de informações importantes para o exercício pleno

da cidadania.

Como fruto desse enriquecedor trabalho de leitura e análise, ressalta-se que é importante a publicação de livros paradidáticos ou científicos sobre Radioatividade, com a finalidade de atualizar a comunidade escolar, acadêmica e civil, mas também com o objetivo de aprofundar tais discussões, pois sabe-se das variadas lacunas também herdadas de um ensino fragmentado e ainda inculcado em uma perspectiva cheia de mitos e preconceitos a respeito desse tema.

Dessa forma, destaca-se a importância de informar a população e, sobretudo, os professores sobre a relevância de um ensino significativo e contextualizado a partir de uma abordagem CTS. Esse enfoque permite que esses profissionais inspirem seus colegas a desenvolver um Ensino de Química sólido e enriquecedor para as novas gerações, especialmente para a atual, que é continuamente exposta às informações de múltiplas fontes.

Cabe salientar, também, a relevância dos livros paradidáticos no Ensino de Química, os quais podem ser utilizados visando alcançar essa perspectiva de ensino contextualizado com viés CTS, levando em consideração os aspectos mencionados nesta pesquisa. Ainda mais, como apontado anteriormente, as Diretrizes Educacionais tratam do tema contextualização e interdisciplinaridade como duas perspectivas de ensino que podem ser trabalhadas em consonância. Portanto, vale ressaltar que os livros paradidáticos também podem ser utilizados como recursos didáticos para uma abordagem de ensino e aprendizagem contextualizada e interdisciplinar.

Em suma, é preciso que mais obras científicas possam ser produzidas, com o objetivo de tirar aqueles interessados sobre o tema da ignorância e da superficialidade — apenas condicionados às informações midiáticas e sensacionalistas. Diante desse trabalho conjunto, é possível continuar desenvolvendo fontes de informação mais seguras, atuais e críticas a respeito da Radioatividade, que é tão rica, todavia ainda tão cheia de crenças errôneas e limitadas.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Paralelo, 2000.

BASÍLIO, G. **OS SABERES LOCAIS E O NOVO CURRÍCULO DO ENSINO BÁSICO**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

BORGES, J. L. Hay quienes no pueden imaginar un mundo sin pájaros. El País.com, 8 out. 1985. Disponível em: https://elpais.com/diario/1985/10/09/cultura/497660402_850215.html. Acesso em: 3 out. 2024.

BULLETIN of Atomic Scientists. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Bulletin_of_the_Atomic_Scientists. Acesso em: 22 nov. 2023.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Brasil no Pisa 2018** [recurso eletrônico]. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

CURY, C. R. J. O Ensino Médio no Brasil: histórico e perspectivas. **Educação em Revista**, n.27, pp.73-84, 1998. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S0102-46981998000100008&script=sci_abstract&tlng=en. Acesso em: 18 maio 2024.

DAMASIO, F.; TAVARES, A. **Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la**. Campinas: Autores Associados, 2010.

FRANCHI, G.; FRANCHI, S. (org.). **O ensino de química na contemporaneidade: desafios e inovações**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2022. *E-book*. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/O_ensino_de_qu%C3%ADmica_na_contemporaneidad/G39yEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1. Acesso em: 20 nov. 2023.

FONTE, J. C. D. **A Abordagem CTS na Formação e na Atuação Docente**. Curitiba: Appris, 2020.

GALETTI, D.; LIMA, C. L. **Energia Nuclear: Com fissões e com fusões**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

GERHARD, A. C.; FILHO, J. B. da R. A FRAGMENTAÇÃO DOS SABERES NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ESCOLAR NA PERCEPÇÃO DE PROFESSORES DE UMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17(1), p. 125-145, 2012. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/210/144>. Acesso em: 29 nov. 2023.

HELENE, M.E. M. **A radioatividade e o lixo nuclear**. São Paulo: Scipione, 1996.

INEP, A. de C. S. do. **Divulgados os resultados do Pisa 2022**. 5 dezembro 2023. 1 texto. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022>. Acesso em: 12 dez. 2023.

LIMA, José Ossian Gadelha de. **Um olhar sobre a história do ensino de Química no Brasil**. In: ROMERO, Marco Antônio Ventura; MAIA, Saulo Robério Rodrigues. O ensino e a formação do professor de Química em questão. Teresina: EDUFPI, 2013, 124 p, p. 12-28.

MEDEIROS, C. E.; RODRIGEZ, R. de C. M. C.; SILVEIRA, D. N. **Ensino de Química: superando obstáculos epistemológicos**. 1ª ed. Curitiba: Editora Appris, 2016.

OECD (2017), PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition, PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-en>.

PRADO, L. do.; ZAMUNER, L. D. de O. QUÍMICA E LITERATURA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DO LIVRO “THE POISONER’S HANDBOOK”. **Revista Ciências & Ideias**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 91-112, ago/out. 2021. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/1748>. Acesso em: 21 out. 2021.

RANGEL, E. O. **Paradidáticos**. In: FRADE, I. C. A.; VAL, M. G.; BREGUNCI, M. G. C. (org.) Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores. Belo Horizonte: UFMG/FAE, p. 247-248, 2014. Disponível em: <https://www.ceale.fae.ufmg.br/glossarioceale/>. Acesso em: 23 fev. 2023.

RUZZA, L. F. M. **Análise de métodos alternativos para o ensino de Química**: Uma síntese a partir das propostas de metodologias ativas de ensino. 2016. Monografia (Licenciatura em Química) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

SANTOS, W. L. P. dos. A Química e a formação para a cidadania. **Educación Química**, México, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

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. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, jul-dez, 2000.

SENA, M. C. C. **O USO DE UM LIVRO PARADIDÁTICO EM AULAS DE QUÍMICA: IDENTIFICANDO PRÁTICAS EPISTÊMICAS NOS REGISTROS ESCRITOS DOS ESTUDANTES**. 2019. Monografia (Especialização em Educação em Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

SILVA, E. L. da; MARCONDES, M. E. R. VISÕES DE CONTEXTUALIZAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA NA ELABORAÇÃO DE SEUS PRÓPRIOS MATERIAIS DIDÁTICOS. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12. n. 1, p. 101-118, jan-abr, 2010.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/eppec/a/4zHBSsbkT6fq53byP5Vdns/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 de jun. 2024.

SOLOMONS, J.; AIKENHEAD, G. What is STS Science Teaching?. *In*: SOLOMONS, J.; AIKENHEAD, G. **Education: International Perspectives on Reform**. Teachers College Press. 1994. New York, 1994.

VOIGT, P. K. **Base Nacional Comum Curricular: os impactos e reflexos para o Ensino de Ciências**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.