INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO (IF SERTÃO-PE) - *CAMPUS* OURICURI

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

JOÃO GUILHERME NUNES PEREIRA

AVANÇOS E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE (EQV) NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

OURICURI - PE

2023

JOÃO GUILHERME NUNES PEREIRA

AVANÇOS E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE (EQV) NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientador(a): Profa. Dra. Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima.

OURICURI - PE

2023

JOÃO GUILHERME NUNES PEREIRA

AVANÇOS E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE (EQV) NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA)

Artigo científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) à Coordenação do curso de Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática do IFSertãoPE.

Aprovado em: _14 / 11 / 2023

BANCA EXAMINADORA

_____

Profa. Dra. Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima (Orientadora)
Doutorado em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

_____

Prof. Dr. Pedro Lemos de Almeida Junior
Doutorado em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

_____

Profa. Dra. Patrícia Maria Azevedo Xavier
Doutorado em Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436 Pereira, João Guilherme Nunes.

AVANÇOS E DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE (EQV) NO BRASIL : UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA / João Guilherme Nunes Pereira. - Ouricuri, 2023.
24 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Ouricuri, 2023.
Orientação: Profª. Drª. Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima.

1. Química. 2. Educação Básica. 3. Ensino de Química. 4. Química Verde. I. Título.

CDD 540

Gerado automaticamente pelo sistema Geficat, mediante dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Programa de Pós-Graduação em Educação
Universidade do Estado do Pará
Belém-Pará- Brasil

Revista Cocar. V.00 N.00/ Ano p. ISSN: 2237-0315

Avanços e Desafios da Educação em Química Verde (EQV) no Brasil : Uma Revisão Sistemática da Literatura

Advances and Challenges of Green Chemistry Education (GCE) in Brazil: A Systematic Review of the Literature

João Guilherme Nunes Pereira
Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)
Ouricuri/CE - Brasil
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)
Salgueiro/PE - Brasil

Resumo
No Brasil, o uso pedagógico de temas envolvendo ações para a preservação do meio ambiente tem se intensificado cada vez mais na Educação Básica. Desse modo, este estudo objetivou analisar materiais bibliográficos acerca da Educação em Química Verde (EQV) produzidos durante a etapa da Educação Básica no Brasil entre os anos de 2012 e 2022, a fim de retratar nessa área os avanços alcançados e os desafios enfrentados. Para isso, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) exploratória de abordagem qualitativa. A seleção de produções científicas foi apoiada em critérios de inclusão e exclusão preestabelecidos. A avaliação dos materiais ocorreu conforme a técnica de Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Os resultados deste ensaio expuseram reflexões sobre a EQV, a partir dos 10 estudos selecionados, em três eixos de avanços e desafios: a experimentação, a ruptura das especializações do conhecimento químico e a formação inicial dos professores de Química.
Palavras-chave: Educação Básica; Ensino de Química; Química Verde.

Abstract
In Brazil, the pedagogical use of themes involving actions to preserve the environment has increasingly intensified in Basic Education. Thus, the study aimed to analyze bibliographic materials about Green Chemistry Education (GCE) produced during the Basic Education stage in Brazil between the years 2012 and 2022, in order to portray the advances achieved and the challenges faced in this area. To this end, an exploratory Systematic Literature Review (SLR) with a qualitative approach was carried out. The selection of scientific productions was supported by pre-established inclusion and exclusion criteria. The materials were evaluated according to Bardin's Content Analysis technique (2016). The results of this essay exposed reflections on GCE, based on the 10 selected studies, interspersed in three axes of advances and challenges: experimentation, the rupture of specializations in chemical knowledge and the initial training of Chemistry teachers.
Keywords: Basic Education; Chemistry Teaching; Green Chemistry.

1 Introdução

No Brasil, as competências gerais da Educação Básica estipuladas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) asseguram direitos de desenvolvimento e aprendizagem aos estudantes (Brasil, 2018). Para isso, tais competências focam seus direcionamentos às transformações de uma sociedade sustentável, isto é, buscam formar educandos que valorizem a proteção dos recursos naturais do Planeta, conforme a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (Denny, 2021). A Química, um campo do saber presente nas ciências naturais, tem buscado, nos últimos 30 anos, desenvolver processos químicos que reduzam ou, de certo modo, minimizem o uso ou a geração de substâncias nocivas ao meio ambiente (Silva Júnior; Jesus; Girotto Júnior, 2022).

Nesses princípios, na década de 1990, o termo Química Verde (QV) foi cunhado por membros da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* – EPA), área também denominada de química limpa, química autossustentável ou química ambientalmente benigna (Lenardão *et al.,* 2003). Por conseguinte, a QV sobreveio para conduzir novos rumos aplicados a uma ciência química mais limpa, de modo concomitante às práticas ambientalmente sustentáveis, a fim de torná-la mais apreciada pela sociedade (Anastas; Kirchhoff, 2002; Anastas; Warner, 1998). Esse ramo químico objetiva mitigar a poluição ambiental que se alastrou pelas nações oriundas da industrialização e urbanização, incentivando a contenção à demanda de energia, ao descarte de rejeitos e ao emprego de matéria-prima e de materiais não-renováveis (Vichi; Mansor, 2009).

Em território brasileiro, as ações para despertar a conscientização e a busca da QV, para além do meio empresarial ou laboratorial, foram também implementadas nas escolas da Educação Básica através de projetos, seminários e palestras, de modo que essas ações inauguraram o ramo de estudos denominado de Educação em Química Verde (EQV) (Pitanga, 2016). A EQV auxilia na consolidação de uma filosofia e prática da QV na formação dos estudantes, de modo que múltiplos autores têm asseverado sua inclusão ao currículo escolar de Química (Machado, 2014; Zuin *et al.*, 2015; Sandri, Santin Filho, 2019). Essa área, ainda pouco explorada pelas revisões bibliográficas, fortalece o desenvolvimento dos saberes químicos através da perspectiva ecológica e sustentável (Brandão *et al.*, 2018).

Nesse advento educacional da EQV, algumas inquietações surgiram nos autores desta investigação, as quais estão elencadas a seguir: o que foi produzido como ações focalizadas na Educação em Química Verde (EQV) ao longo da Educação Básica no Brasil entre os anos de 2012 e 2022? Quais avanços essa etapa educacional vivenciou sobre a EQV nesse recorte temporal?

Quais foram os desafios enfrentados? Esse modelo de ensino tem foco na conscientização dos educandos para o âmbito de seu cotidiano familiar e escolar? Portanto, destaca-se que é imprescindível conduzir investigações científicas para se obter respostas para tais indagações.

Logo, esta pesquisa teve o objetivo geral de analisar materiais bibliográficos acerca da Educação em Química Verde (EQV) produzidos durante a etapa da Educação Básica no Brasil entre os anos de 2012 e 2022, a fim de retratar os avanços alcançados e os desafios enfrentados nessa área. Para isso, foi feita uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) através de artigos científicos disponibilizados à comunidade científica no referido período. Esse processo de procura dos dados foi efetuado por procedimentos próprios nas bases de dados: *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), Portal de Periódicos CAPES e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Tais plataformas foram escolhidas por comportarem um volumoso número de produções científicas sobre as áreas de Ensino e Educação definidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e por serem de acesso gratuito.

Após a busca dos materiais, realizou-se uma seleção de produções conforme parâmetros de inclusão e exclusão pré-estabelecidos pelos autores. O processo de análise e seleção dos materiais foi viabilizado com o uso do software Zotero 5.0.95.1, criado por pesquisadores da *George Mason University* (GMU). Esse software gratuito funciona como organizador de materiais bibliográficos de acesso aberto coletados diretamente das plataformas digitais de dados para o dispositivo eletrônico utilizado pelo pesquisador e também facilita a abertura de arquivos em *Portable Document Format* (PDF).

Por conseguinte, este trabalho propõe colaborar com as argumentações contemporâneas acerca da Educação em Química Verde (EQV) com foco nas pesquisas desenvolvidas na etapa da Educação Básica no Brasil. Aqui, ressalta-se o uso de uma análise sistemática da literatura produzida para elaborar uma discussão acentuada acerca da emergente EQV e seus desdobramentos na formação dos estudantes da Educação Básica.

2 A Química Verde: uma síntese histórica

Ao longo do século XX uma infinidade de avanços científicos e tecnológicos foi vivenciada por todas as nações, sobretudo aquelas de regime capitalista. Essa gama de ascensões foi oriunda da criação e aperfeiçoamento de dispositivos e da descoberta de novos saberes. Nesse cenário, instalava-se a política do estado de bem-estar na sociedade, onde a ciência promoveria naturalmente "uma vida humana sempre melhor" (Palacios *et al.*, 2003, p. 10). Entretanto, a euforia das benesses à vivência humana vindas de tais descobertas ocultou, por um certo período, as consequências advindas dessa inovação. Aliás, esse ciclo de progressos foi marcado pelo uso

desmedido dos recursos naturais do Planeta, pelo aumento da poluição atmosférica e pela degradação dos mananciais. Desse modo, tinha-se uma sociedade que não objetivava um modelo econômico sustentável (Kraemer, 2004).

Na modernidade, as questões de preservação ambiental ganharam maior destaque a partir da Conferência de Estocolmo, Suécia, em 1972. Esse evento trouxe múltiplas considerações acerca de todo o ecossistema terrestre, onde questionava-se os danos provocados pelas mudanças sociais que poderiam repercutir nas futuras gerações da humanidade (Handl, 2012). Os desdobramentos iniciados em Estocolmo originaram inúmeros outros eventos internacionais, tais como: ECO-92, RIO+10, RIO+20 e, mais recentemente, a 27ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP-27) com seu acordo inédito de estruturação do fundo de compensação de perdas e danos pelas nações desenvolvidas, as maiores emissoras de gases estufa, para as nações em desenvolvimento, que emitem pouco e são imensamente impactados pelas alterações climáticas (Pinto, 2022). Todos esses encontros tiveram a presença de representantes de múltiplos países, de entidades não-governamentais e de membros da Organização das Nações Unidas (ONU).

A década de 1980, por sua vez, também manteve uma série de discussões com a conclusão do decenal da Conferência de Estocolmo. Em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, divisão encarregada por produzir um relatório acerca das questões ambientais e do desenvolvimento mundial. Esse relatório ficou conhecido como "Relatório Brundtland" (em homenagem a Gro Harlem Brundtland, coordenadora da Comissão), sendo publicado somente em 1987, e foi expressivamente conturbado por apresentar, através de consistentes informações, que a maior parte do desenvolvimento alcançado até aquele momento advinha de meios não-sustentáveis. Assim, o relatório assegurava que os empreendimentos científicos e tecnológicos estariam fadados ao fracasso caso nenhuma medida sustentável fosse tomada (Brundtland, 1987).

Esses olhares sucederam um recorte temporal significativo às questões de defesa e preservação ambiental, fragmento que perdurou de 1985 a 1990. Esse ciclo foi marcado pelo grande desenvolvimento de políticas públicas ambientais nos países membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). Articularam-se projetos de desenvolvimento econômico coadunados à prevenção e ao controle de poluentes entre as nações foram articulados. As conjunturas firmadas internacionalmente propunham o paradigma de que "desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra" (Brundtland, 1987, p. 43, tradução nossa)

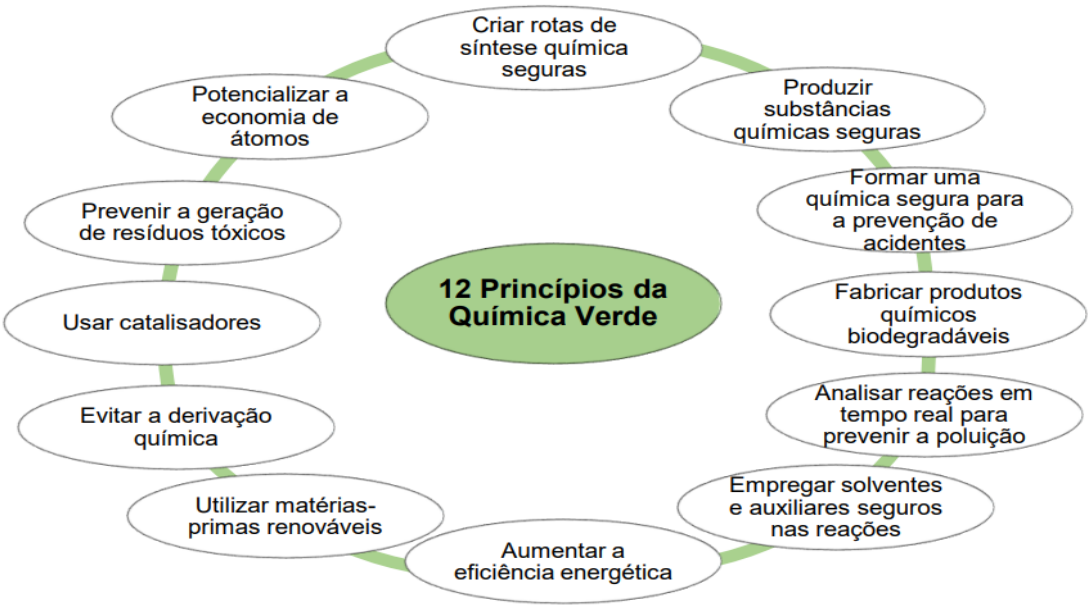
No cerne desses acontecimentos, em 1991, a EPA apresentou o programa "Rotas sintéticas alternativas para prevenção da poluição" com vias a usufruir das tecnologias químicas a fim de reduzir ou até extinguir o emprego e o descarte de substâncias químicas tóxicas (Gomes *et al.*, 2018). Além disso, em 1993, foi criado na Itália o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (INCA, acrônimo em inglês) que, entre seus objetivos, notabilizou a área acadêmica da Química Verde (Lenardão *et al.*, 2003).

Em 1995, o Governo dos Estados Unidos da América (EUA) implementou a premiação pelo reconhecimento científico e social no âmbito da Química Verde, denominada de *The Presidential Green Chemistry Challenge* (PGCC). O prêmio era considerado uma forma de incentivar os cientistas a desenvolverem produtos químicos economicamente eficazes para as indústrias e que fossem detentores do menor grau possível de nocividade ao meio ambiente. Esse fomento foi seguido por outras nações, tais como: Austrália, Alemanha, Itália, Inglaterra, entre outras (EPA, 1995).

Em conjunto com esses empreendimentos, alguns movimentos sociais encabeçados por pesquisadores da área de Química começaram a atentar para os rumos da preservação do meio ambiente e sustentabilidade nas indústrias químicas, de maneira que se pudesse promover os primeiros questionamentos com relação às perspectivas do modelo econômico insubsistente (Lenardão *et al.*, 2003). Dessa ramificação surgiram, na década de 1990, os 12 princípios da Química Verde prescritos pelos estadunidenses Paul Anastas e John Warner. Esses princípios visavam mitigar ou até dispensar o uso de solventes químicos tóxicos, assim como reduzir a geração de resíduos descartados.

A clareza com que Anastas e Warner (1998) traduziu o conjunto científico de linhas de pesquisa, objetivos e ações ecológicas em apenas 12 princípios para a Química Verde rapidamente ecoou nas investigações acadêmicas. Esses princípios, de acordo com Gomes *et al.* (2018), embora obtivessem uma modesta perspectiva inicial quanto a sua execução – derivada em termos do próprio senso comum – transformaram-se em esforços colossais dos cientistas para criar uma "cultura do pensamento verde", objetivando "moldes verdes" para os produtos e processos químicos. Em linhas gerais, os princípios da Química Verde podem ser representados na Figura 1, subsequente.

Figura 1: Princípios da Química Verde estabelecidos por Warner e Anastas.



Fonte: Autores (2024).

A junção de todos esses princípios almeja repercutir em atitudes de preservação ambiental e de sustentabilidade econômica, elementos que constituem a Química Verde (QV). Atualmente, a QV tem atingido ampla divulgação em muitos periódicos de alto impacto científico, como é o caso do *Chemistry Teacher International*, mantido pelo Comitê de Educação Química da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC).

Esse periódico em sua edição de junho de 2022 publicou um número especial acerca da Educação em Química Verde (EQV), compilado que, conforme Apotheker (2022), contou com um aporte internacional de investigações sobre temas como: experimentos de ensino na Alemanha com enzimas imobilizadas para um laboratório sustentável, princípios da QV e procedimentos ecológicos que imitam a natureza na Índia, ambientes digitais de aprendizagem para a Química Verde no ensino secundário austríaco, bem como experimentos de química orgânica verde com micro-ondas no Japão.

Isto posto, entende-se que os prismas educacionais da Química Verde têm se expandido em nível global. E, no Brasil, paulatinamente suas concepções têm se firmado, expandido e aprimorado na Educação Básica e no Ensino Superior. Esse contexto expõe que o decurso histórico brasileiro da disciplina de Química tem se direcionado para olhares críticos das ciências, ações mescladas em epistemologias sustentáveis da sociedade. É, portanto, vital analisar o ensino de Química e suas perspectivas para o desenvolvimento sustentável.

3 O Ensino de Química e o Desenvolvimento Sustentável

O ensino, um campo de estudo já constituído atualmente, remete a uma série de concepções comportamentais humanas estabelecidas ao entorno da atitude “ensinar”. Certamente, o ato de

ensinar dispõe de natureza vinculada à constituição social, isto é, preserva por si só uma perspectiva histórica que se efetiva a partir do trabalho educativo desenvolvido pela docência. Aliás, é preciso entendê-lo como um fenômeno em desenvolvimento constante mediante o binômio ensino-aprendizagem (Kubo; Botomé, 2001). A dinâmica pedagógica do ensino valida o processo de instrução dos saberes, incluso na profissão dos educadores e no ato de atingir os objetivos educacionais (Libâneo, 2006).

O ensino tem suas características particulares entre as áreas do conhecimento, sejam elas em substância de maior ou menor grau de disparidades, essas propriedades não tolhem a implementação de aspectos didáticos transversais, interdisciplinares e/ou transdisciplinares aplicados aos saberes (Fazenda, 2012). Contudo, à vista disso, a área de Ciências da Natureza compreende o seu modo específico de ensinar, condição que concorre para a conceitualização da didática específica das ciências naturais (Adúriz-Bravo, 2000; Gil-Perez, 1994). Essa definição se restringe ainda mais conforme as áreas científicas vão se delineando nas disciplinas de Química, Física, Biologia e Ciências no decurso da Educação Básica, expondo que cada esfera do saber tem suas discussões, investigações e, consequentemente, seus desdobramentos epistemológicos (Alves, 2017; Alves *et al.* 2017).

Denota-se que há muito tempo a vertente pedagógica do ensino de Química no Brasil mais difundida esteve associada à memorização de informações, bem como ao aprendizado passivo e desconexo do cotidiano vivido pelos estudantes (Lima, 2016). Entretanto, essa tendência começou a partilhar seu território escolar com outras abordagens didáticas a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e dos seus incentivos pedagógicos transversais e interdisciplinares, incorporando temáticas coadunadas entre as áreas da ciência, da tecnologia e da sociedade (Brasil, 1999).

Os PCNEM, mesmo não sendo um instrumento governamental de padronização pedagógica, apresentaram referências mínimas de formação aos estudantes quanto a sua conduta cidadã, bem como de suas práticas e saberes para o trabalho (Brasil, 1999). Destacou-se, nesse âmbito, a Química como um mecanismo interpretativo da natureza, ou seja, a interpretação científica dos estudantes poderia intervir criticamente na realidade das sociedades. Esses despontamentos são apresentados por Zanon *et al.* (2004):

> No documento propõe-se o reconhecimento e a compreensão das transformações químicas em processos naturais e tecnológicos nos diferentes contextos encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola. Como forma pedagógica, há a sugestão de que os conteúdos sejam desenvolvidos segundo um tripé sustentado nos três alicerces: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos (Zanon *et al.*, 2004, p. 228).

As relações entre o ambiente e a sociedade são papéis retratados na disciplina de Química, elementos que constituem suas ações de ensino e aprendizagem nas mediações desse tripé exposto. Na educação brasileira, a disciplina de Química, mediante sua concepção científica, não pode ser caracterizada como um amontado de conhecimento tecnicista e reprodutivista. É preciso observar seu escopo de aprendizagem atrelado ao modelo de competências para uma sociedade (Lima, 2016). Portanto, é pleno objetivo educacional desenvolvê-la, a partir da escolarização formal, com vias de auxiliar na formação dos estudantes para a cidadania consciente na preservação e sustentabilidade ambiental.

Com efeito, Zunin *et al.* (2020) afirma que a ciência química deve ser pensada de maneira a integrar e fortalecer a inovação dos benefícios voltados ao planeta, a economia e a sociedade em geral. Assim, as práticas pedagógicas devem compor um padrão didático globalizante ou até interdisciplinar, perfazendo perspectivas das problemáticas reais de uma sociedade através dos conteúdos químicos. Esses aspectos corroboram com o pensamento de Anastas e Kirchhoff (2002) acerca da educação no âmbito da Química Verde:

> **Educação.** No desenvolvimento da química verde, percebeu-se que a próxima geração de cientistas precisa ser treinada nas metodologias, técnicas e princípios que são centrais para a química verde. A liderança de sociedades profissionais, principalmente a *American Chemical Society* e a *Royal Society of Chemistry*, em colaboração com a comunidade educacional, resultou em uma coleção nascente, porém impressionante, de materiais e programas educacionais que continua a crescer. Recentemente, as Sociedades Químicas Alemã e Japonesa assumiram papéis de liderança na promoção da educação em química verde em seus próprios países. Iniciativas educacionais em química verde incluem livros didáticos, estudos de caso, experimentos de laboratório, organizações (Anastas; Kirchhoff, 2002, p. 689, tradução nossa).

Nesse sentido, segundo os autores, o empenho para o desenvolvimento sustentável de uma sociedade está diretamente ligado a Educação Química, particularmente de uma Educação em Química Verde que perfaça conjunturas para a conscientização de toda a população, sobretudo a partir da formação dos jovens cientistas, acerca da preservação do Planeta. Em síntese, a educação científica está no cerne de uma sociedade que almeja o desenvolvimento sustentável. Aliás, Gadotti (2008) assevera que no corpo societário contemporâneo globalizado são imprescindíveis ações conjuntas entre as nações. Desse modo, esta investigação trata do caso brasileiro alusivo à Educação em Química Verde (EQV).

4 Metodologia

Este estudo usufruiu da técnica de pesquisa bibliográfica, especificamente do tipo Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Consoante Marconi e Lakatos (2017, p. 118), uma técnica de investigação escolhida proporciona um "conjunto de procedimentos de que se serve uma ciência ou arte; é a habilidade para usar esses preceitos ou normas. Toda ciência utiliza inúmeras técnicas

na obtenção de seus propósitos", de modo que uma revisão da literatura comporta parâmetros de um campo científico amplo, bem como perspectivas futuras deste mesmo tema. Ademais, quanto aos seus objetivos mais gerais, classificou-se como uma pesquisa exploratória e, quanto a sua abordagem de dados, como qualitativa.

De acordo com Gil (2017), um ensaio exploratório, costumeiramente, realiza sua coleta de dados por intermédio de levantamentos bibliográficos, caso análogo ao processo científico desta investigação. Logo, os dados levantados foram artigos científicos publicados em periódicos indexados nas três bases de dados investigadas. A perspectiva qualitativa, por sua vez, trouxe o direcionamento argumentativo comum das pesquisas analisadas, corroborando com a afirmação de Flick (2009, p. 23): "o fato de que a maior parte dos fenômenos não possam ser explicados de forma isolada é uma consequência da complexidade destes fenômenos na realidade".

4.1 Procedimentos de Busca, Inclusão e Exclusão de Dados

O processo de busca aconteceu entre os meses de julho e agosto de 2023. Foram consultados trabalhos indexados nas seguintes bases de dados: *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), Portal de Periódicos da CAPES e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Em cada uma das plataformas foram empregados os agrupamentos de palavras-chave: (A) "*Green Chemistry*" AND "*Education*" e (B) "*Green Chemistry*" AND "*Chemical Education*". Desse modo, todos os artigos científicos encontrados ao longo desse processo foram inseridos no software Zotero. Após tal inserção, fez-se uma análise de seus respectivos títulos e resumos desses materiais para sua inclusão ou exclusão conforme os critérios do Quadro 1.

Quadro 1: Classe de critérios para inclusão e exclusão de dados bibliográficos

CRITÉRIOS	
INCLUSÃO	**EXCLUSÃO**
a) redigidos em língua inglesa, espanhola ou portuguesa	a) redigidos em outras línguas distintas da inglesa, espanhola ou portuguesa
b) teve como tema pedagógico a Química Verde ou foi embasado em algum princípio da Educação em Química Verde (EQV)	b) teve como tema outros assuntos sem relação pedagógica com a Química Verde ou com a Educação em Química Verde (EQV)
c) desenvolvidos no Brasil	c) desenvolvidos fora do território brasileiro
d) tenham alguma relação com a Educação Básica (Ensino Fundamental ou Ensino Médio)	d) desenvolvidos em outras etapas educacionais distintas da Educação Básica (Ensino Fundamental ou Ensino Médio)

Fonte: Autores (2024).

Portanto, todos os trabalhos encontrados foram avaliados, considerando título e resumo, e aqueles que não se enquadraram nos critérios desta pesquisa foram excluídos, enquanto os que perfizeram o perfil desta investigação foram incluídos para uma posterior seleção e análise minuciosa.

4.2 Procedimentos de Seleção e Análise

O compilado de trabalhos enquadrados pelos critérios de inclusão, a ser analisado durante a etapa de seleção, passou por uma avaliação de pesos para que fossem selecionados (Quadro 2).

Quadro 2: Critérios de seleção das produções científicas

PESO	DESCRIÇÃO	VALOR MÁXIMO
P1	Objetivo que explicite avanços e desafios incorporados no campo da Educação em Química Verde no Brasil	02
P2	Argumentação histórica, filosófica ou epistemológica que evidencie princípios educacionais verdes na Educação Básica	02
P3	Abordagens metodológicas de contributos pedagógicos da Química Verde na formação discente ou docente	02
P4	Contribuições científicas que estejam estritamente relacionadas ao propósito de reflexão desta investigação	04
PF	Somatório final de pesos	10

Fonte: Autores (2024).

Observa-se no Quadro 2 que os pesos obtiveram relevâncias distintas durante a seleção e, dessa forma, possibilitaram aos autores desta pesquisa escolher dez (10) produções que obtiveram os maiores Pesos Finais (PF) para uma análise minuciosa, com vias de sintetizar algumas perspectivas da EQV na Educação Básica do Brasil. Após a seleção, realizou-se o exame do material, isto é, uma observação integral de suas contribuições científicas na discussão acerca da EQV, seguindo os procedimentos referentes a uma análise de conteúdo. Consoante Bardin (2016), as análises de conteúdo são constituídas pelas etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento e interpretação dos dados.

Neste estudo, a pré-análise constituiu na leitura e na observação do objetivo de pesquisa dos 10 artigos selecionados, trazendo uma concepção homogênea de seus propósitos de pesquisa diante da EQV, ou seja, desenvolvendo uma perspectiva particular daquilo que foi proposto e do que foi encontrado em tais investigações selecionadas. A exploração do material se deu através da codificação, categorização e listagem da ocorrência dos termos “Educação em Química Verde” e “Química Verde”, bem como de unidades temáticas. E, por fim, a interpretação dos dados, ou sumarização de informações, integrou a discussão das unidades temáticas definidas pelo autor, de modo que a mensagem transmitida pelas pesquisas, isto é, os seus contributos, viabilizou um retrato dos avanços e desafios experienciados pela Educação em Química Verde (EQV) ao longo da década analisada.

5 Resultados e Discussão

Os artigos científicos pesquisados nas bases de dados selecionadas foram inseridos no aplicativo Zotero. Desse modo, pôde ser feita a análise quantitativa de investigações duplicadas, excluídas, incluídas e selecionadas (Quadro 3).

Quadro 3: Quantitativo de artigos científicos analisados

	(A)	(B)	DUPLICADOS	EXCLUÍDOS	INCLUÍDOS	SELECIONADOS
DOAJ	1546	82	178	1613	15	02
SciELO	18	08	07	16	10	03
CAPES	230	124	50	331	23	05
TOTAL	1794	214	235	1960	48	10

Legenda: Agrupamento (A): "*Green Chemistry*" AND "*Education*" e Agrupamento (B): "*Green Chemistry*" AND "*Chemical Education*".

Fonte: Autores (2024).

Com base no Quadro 3, observa-se que o agrupamento A obteve 1546 estudos na base DOAJ, 18 na SciELO e 230 na CAPES. Enquanto, o agrupamento B encontrou 82 investigações na plataforma DOAJ, 08 na SciELO e 124 no Portal da CAPES. Quanto aos estudos duplicados, nota-se que foram encontrados 178 estudos da base DOAJ nessa categoria, 07 na base SciELO e 50 no Portal da CAPES. Após essa etapa, fez-se a exclusão do somatório constituído dos estudos duplicados e daqueles que se enquadraram nos critérios de exclusão, o que resultou em 1960 artigos científicos excluídos. Incluiu-se, segundo os critérios de inclusão, 48 investigações. Por fim, selecionou-se dentre os materiais incluídos, segundo os pesos estabelecidos conforme consta no Quadro 2, 10 produções científicas que obtiveram os melhores valores do somatório final de pesos.

Os trabalhos selecionados estão evidenciados de acordo com seu título, autores, ano e base de dados em que foi coletado e periódico. Esses dados encontram-se expostos no Quadro 4, seguinte.

Quadro 4: Produções científicas selecionadas

Nº	TÍTULO	AUTORES/ANO	BASE DE DADOS	PERIÓDICO
A1	Desenvolvimento de experimento didático de eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios da Química Verde	Finazzia *et al.*, 2016	DOAJ	Química Nova
A2	Educação Ambiental nas aulas de Química: a experiência de uma sequência didática sobre Química Verde	Rocha *et al.*, 2017	DOAJ	Enseñanza de Las Ciencias
A3	Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química	Sandri; Santin Filho, 2019	SciELO	Educación Química
A4	Abordagem da "Química Verde" por professores no contexto da disciplina de Química do Ensino Médio	Fernandes *et al.*, 2016	SciELO	Eclética Química
A5	Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio	Martins *et al.*, 2017	SciELO	Educación Química
A6	A Experimentação na Educação em Química Verde: uma Análise de Propostas Didáticas Desenvolvidas por Licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista	Andrade; Zuin, 2021	CAPES	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
A7	Crise da modernidade, Educação Ambiental, Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação em Química Verde: (re)pensando paradigmas	Pitanga, 2016	CAPES	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências
A8	Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio	Santos *et al.*, 2021	CAPES	Química Nova na Escola

A9	Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no Ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde	Mello *et al.*, 2019	CAPES	Educación Química
A10	Estudo sobre os conceitos da Química Verde numa escola de Ensino Médio e Técnico Integrado	Brandão *et al.*, 2019	CAPES	Ciência em Tela

Fonte: Autores (2024).

O ensaio A1 tratou do uso de experimentação didática acerca do tópico eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios da Química Verde. Essa investigação compreendeu uma proposta pedagógica que pode ser executada com estudantes durante a etapa do Ensino Médio, trabalhando os conceitos verdes da Química, isto é, trazendo concepções que possam gerar nos discentes uma aprendizagem dos conceitos químicos baseados na sustentabilidade, no reaproveitamento de materiais, bem como na minimização de resíduos e consumo de energia (Finazzia *et al.*, 2016). Nesses preceitos, Pereira e Sampaio (2022) dissertam que o uso da experimentação na Educação Básica faz com que os educandos usufruam de uma visão do meio escolar como sendo uma zona de interação, derivando relações entre experimento e aprendiz, bem como entre estudantes e suas conclusões sobre os conhecimentos químicos.

A investigação A2 apresentou a experiência de uma sequência didática sobre Química Verde, coadunando saberes relacionados à educação ambiental e à Química. Notou-se que o estudo A2 expôs as concepções ainda ingênuas dos discentes da Educação Básica acerca da definição de Química Verde, declarando, por exemplo, ser esse um ramo do saber que trata da Química presente na natureza ou Química das plantas. Nesse sentido, os diálogos desenvolvidos permitiram a construção de ideias reflexivas mais adequadas aos conceitos de sustentabilidade e de responsabilidade social, aspecto que foi aperfeiçoado através de entrevistas feitas pelos educandos com funcionários das empresas de cerâmica da região pesquisada, localizada no interior do Estado de São Paulo (Rocha *et al.*, 2017).

O trabalho A3 elucidou três padrões de abordagem da Química Verde no ensino através da formação docente para o Ensino Médio, tais modelos foram desenvolvidos por licenciandos em Química. Observou-se que tais propostas enquadraram suas perspectivas de ensino em: tecnicista/instrumental, elementos parcialmente críticos para o ensino da Química Verde (QV) e elementos inteiramente críticos para o ensino da QV. De modo generalista, os graduandos expuseram quatro propostas do modelo técnico da QV, duas do modelo parcialmente crítico e duas que aglutinaram modelos parcialmente e inteiramente críticos. Em linhas gerais, os licenciandos declararam que o modelo integralmente crítico, embora mais desafiador, constitui sentidos de aprendizagem mais explícitos entre os estudantes acerca da QV, pois aborda a reflexão e a

criticidade dos educandos quanto aos assuntos da sociedade e preservação do meio ambiente (Sandri; Santin Filho, 2019).

O artigo A4 esclareceu suas interlocuções teóricas sobre a abordagem da QV por docentes no decurso da disciplina de Química durante o Ensino Médio. Esta pesquisa foi realizada na cidade de Iguatu, Estado do Ceará. Os autores concluíram que era notório o conhecimento acerca da concepção de QV e seus princípios entre os educadores. Todavia, o ensino da QV e seus tópicos ainda estava demasiadamente limitado na Educação Básica, bem como que o uso de métodos interdisciplinares de ensino aplicados aos conceitos da educação ambiental ainda era insuficiente. Portanto, a conclusão produzida no estudo A4 foi que, embora existissem certos saberes docentes sobre a QV, sua aplicação ainda era irrisória, ao passo que se afirma ser indubitavelmente necessário aprimorar o currículo escolar de Química, trazendo mais tópicos argumentativos para o desenvolvimento de compreensões críticas e socioambientais entre os educandos (Fernandes *et al.*, 2016).

A pesquisa A5, através de um compilado de propostas, tratou da identificação de análises químicas ácido-base no Ensino Médio. Seus conceitos envolveram a extração de pigmentos naturais a partir de compostos ricos em antocianinas que podem atuar como indicadores naturais de pH, tais como: a cebola roxa, a berinjela, o repolho roxo e a beterraba. Esses materiais foram analisados e compuseram uma coleção de propostas pedagógicas de experimentos a ser aplicadas por professores da Educação Básica, cujos parâmetros reforçaram os princípios da Química Verde e da sustentabilidade, trazendo como pontos centrais a redução da geração de resíduos tóxicos e o desenvolvimento de discussões acerca de conceitos basilares da Química (Martins *et al.*, 2017).

No artigo A6, por sua vez, a experimentação na Educação em Química Verde (EQV) foi abordada mediante uma análise de propostas didáticas desenvolvidas por licenciandos em Química de uma Instituição de Ensino Superior (IES) Federal Paulista. Esses projetos pedagógicos foram avaliados em chances de exequibilidade por docentes da Educação Básica mediante as etapas de grau verde de Saqueto (2015) correspondentes aos seis princípios da EQV: problematização e contextualização; incentivo à pesquisa; atenção aos produtos e processos; redução da geração e do uso de quaisquer materiais perigosos; preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis, de fácil degradação e que sejam obtidos no entorno da situação de ensino; e redução do consumo de energia elétrica e de água. De modo geral, constatou-se que as propostas contemplaram níveis oscilantes de grau verde, mas constituíram suas aproximações e argumentações de aprendizagem entorno das dimensões tecnocientíficas, econômicas, geopolíticas, sociais e ambientais (Andrade; Zuin, 2021).

O estudo A7 articulou ideias no tripé de concepções envolvendo a Educação Ambiental (EA), a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) e a Educação em Química Verde (EQV), suas considerações foram compostas por uma discussão teórica ao redor dos padrões orientadores para os princípios da Educação em Química Verde, tencionando direcionar as novas perspectivas para a formação dos profissionais docentes de Química em todas as etapas de ensino, inclusive a Educação Básica. O autor concluiu que, para o próspero desenvolvimento de aprendizados críticos entre os estudantes, é preciso romper a superespecialização das áreas do saber, bem como a criação de territórios de afinidade entre a EQV e a EA crítica em sala de aula (Pitanga, 2016).

A investigação A8 discutiu sobre a avaliação de métricas em química verde empregues em experimentos para o Ensino Médio. Tais propostas consistiram na abordagem dos Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados (PEOAs) envolvidos na degradação do corante amarelo de tartrazina (AT). As metodologias experimentais, embora não tenham sido aplicadas em sala de aula, foram arquitetadas para que utilizassem materiais de baixo custo e de fácil aquisição, assim como para que o desenvolvimento de seus processos possibilitasse a argumentação e a interpretação plena dos fenômenos químicos envolvidos (Santos *et al.*, 2021). Observa-se que a pesquisa A8 enquadrou perspectivas similares aos trabalhos A1, A5 e A6, uma vez que se utilizou da experimentação como via para conscientizações acerca da QV.

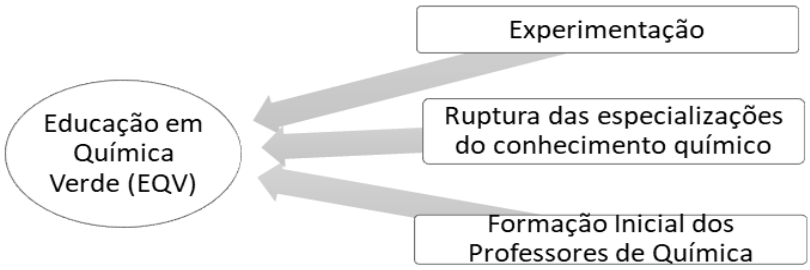
O ensaio A9 empenhou-se para conduzir a discussão de um relato de ensino que agregou as perspectivas da Química Verde (QV) e de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), cujo tema químico selecionado retratou o grau de saponificação do óleo residual. De forma sucinta, o projeto de ensino viabilizou que a problemática socioambiental do descarte irregular de óleo de cozinha fosse analisada pelos licenciandos através das métricas de Matriz Verde (MV), Estrela Verde (EV), Economia Atômica (EA) e Fator E (Mello *et al.*, 2019). Nesse estudo, a abordagem da QV foi utilizada como meio de alfabetização científica, expondo que os saberes químicos têm potencial para modificar ações e realidades de um determinado contexto (Chassot, 2014).

Por fim, o trabalho A10 apresentou a proposta didática da temática Química Verde (QV) mediante a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para estudantes do Ensino Médio, com etapas que consistiram na fundamentação teórica por meio da leitura de materiais sobre a QV e suas relações no cotidiano, na discussão sobre as conceitualizações de pegada ecológica e ciclo da vida, na avaliação da verdura química por intermédio de dois processos experimentais e na exposição tecnológica dos conhecimentos entre os discentes. O processo de pedagógico aplicado

nesta investigação permitiu que os educandos compreendessem a existência de alternativas mais sustentáveis para os processos químicos realizados nas indústrias e em situações cotidianas (Brandão *et al.*, 2019).

Em suma, os 10 artigos selecionados sintetizam três parâmetros de análise que abordam avanços e desafios da EQV, envolvendo a experimentação, a ruptura das especializações do conhecimento químico e a formação inicial dos professores de Química (Figura 2).

Figura 2: Apontamentos teóricos conduzidos pelas investigações envolvendo a EQV



Fonte: Autores (2024).

Dentre as perspectivas de análise, a experimentação foi destacada nas investigações A1, A2, A3, A5, A6, A8, A9 e A10. Na concepção dos avanços da Educação em Química Verde (EQV), o uso de experimentos com materiais de baixo custo e de fácil interpretação dos estudantes auxiliou na conscientização acerca da sustentabilidade e preservação do meio ambiente (Andrade; Zuin, 2021; Brandão *et al.*, 2019; Finazzia *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2017; Mello *et al.*, 2019; Sandri; Santin Filho, 2019; Santos *et al.*, 2021). Aliás, como afirmam Pereira e Sampaio (2022), a aplicação pedagógica bem arquitetada dos experimentos químicos na Educação Básica aperfeiçoa assimilações mais críticas dos discentes, como é o caso desses trabalhos sobre a EQV. Contudo, há ainda desafios para sua implementação como a falta de materiais de laboratório, espaços escolares propícios e tempo disponível na grade curricular.

No ponto de vista da ruptura das especializações do conhecimento químico, os estudos A4, A7, A9 e A10 expuseram que para se efetivar a EQV na conjuntura da Educação Básica é necessário que os múltiplos saberes químicos dialoguem, através do ensino, com os conhecimentos das outras áreas escolares, bem como com saberes envolvidos nas situações do cotidiano dos discentes (Brandão *et al.*, 2019; Fernandes *et al.*, 2016; Mello *et al.*, 2019; Pitanga, 2016). Além disso, as questões de abordagem para a interdisciplinaridade da EQV na Educação Básica incorporam múltiplos desafios, tais como: a escassez de formação docente sobre sua plena aplicação, a falta de relação entre os conhecimentos químicos e o cotidiano dos estudantes nas metodologias de ensino predominantes na docência, a carência de tempo para planejamento de aulas, entre outros empecilhos.

Por fim, outra ótica externalizada nas pesquisas selecionadas tratou da formação inicial dos professores de Química, uma vez que, apesar dos avanços, ainda é um desafio educacional incorporar novas práticas pedagógicas ao currículo formativo dos cursos de licenciatura em Química. Esse terceiro fator foi retratado e discutido nos trabalhos A1, A3, A6, A7 e A9. Todavia, a execução de projetos, palestras e seminários sobre a Química Verde têm levado cada vez mais à reflexão dos licenciandos sobre as futuras metodologias didáticas que eles deverão empregar em sala de aula, inclusive os fazendo arquitetar experimentos e sequências didáticas para a Educação em Química Verde (EQV) (Andrade; Zuin, 2021; Finazzia *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2017; Mello *et al.*, 2019; Pitanga, 2016).

6 Considerações Finais

A Educação em Química Verde (EQV) tem ganhado novos patamares educacionais no Brasil, especificamente na etapa da Educação Básica. Os projetos de ensino desenvolvidos englobam desde a formação dos professores de Química até a execução de metodologias de ensino em sala de aula. Essas ações possibilitaram que se conscientizasse no âmbito familiar e escolar uma parcela da sociedade, os discentes, através de ações pedagógicas sobre a Química e sua importância para a preservação do meio ambiente.

De forma sucinta, o objetivo desta pesquisa almejou analisar materiais bibliográficos acerca da Educação em Química Verde (EQV) produzidos durante a etapa da Educação Básica no Brasil. Os resultados desta investigação, a partir dos 10 estudos selecionados, expuseram reflexões sobre a EQV no decenal 2012-2022 envolvendo três eixos de avanços e desafios durante a Educação Básica: a experimentação, a ruptura das especializações do conhecimento químico e a formação inicial dos professores de Química.

As implicações desta investigação demonstraram que, no quesito da experimentação, o uso de experimentos com materiais de baixo custo e de fácil interpretação dos estudantes é um avanço que vem se constituindo nas produções científicas, apesar de ainda enfrentar a falta de materiais de laboratório, espaços propícios e tempo disponível na grade curricular. Na perspectiva da ruptura das especializações do conhecimento químico, destacaram-se os entraves envolvendo a falta de relação entre os conhecimentos químicos e o cotidiano nas metodologias de ensino empregadas, a escassez de formação docente e a carência de tempo para planejamento de aulas. E, sobre a formação inicial dos professores de Química, percebeu-se que ainda é um entrave a inserção de novas práticas pedagógicas ao currículo formativo dos licenciandos.

Contudo, a Química Verde tem ganhado novos espaços de discussão na década analisada, uma vez que é possível constatar que projetos, seminários e palestras têm firmado

progressivamente patamares nas universidades brasileiras, visando formar saberes da EQV entre os educadores e sua posterior aplicação na Educação Básica. Com isso, pauta-se que os contributos oriundos desta pesquisa deverão ser analisados em investigações vindouras, tencionando segmentar cada perspectiva científica encontrada em uma análise específica.

Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A. Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales. **Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación**, v. 9, n. 17, p. 49-52, 2000.

ALVES, F. R. V. Didática das Ciências e Matemática (DCeM): surgimento e implicações para a formação do professor. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 291-320, 2017.

ALVES, F. R. V.; SAMPAIO, C. G.; VASCONCELOS, A. K. P.; BARROSO, M. C. S. Didática das Ciências e Matemáticas: alguns pressupostos. **Interfaces da Educação**, v. 8, n. 22, p. 274-302, 2017.

ANASTAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Accounts of Chemical Research**, v. 35, n. 9, p. 686-694, 2002.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry:** Theory and Practice. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 1998.

ANDRADE, R. S.; ZUIN, V. G. A Experimentação na Educação em Química Verde: uma Análise de Propostas Didáticas Desenvolvidas por Licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, p. 1-22, 2021.

APOTHEKER, J. Introduction to the special issue on Green Chemistry. **Chemistry Teacher International**, v. 4, n. 2, p. 117-119, 2022.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRANDÃO, J. B.; BOUZON, J. D.; SANTOS, T. C.; PEREIRA, V.; CHRISPINO, A. Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais. **Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 30, p. 59-76, 2018.

BRANDÃO, J. B.; BOUZON, J. D.; ALVARENGA, S. D. S.; CHRISPINO, A. Estudo sobre os conceitos da Química Verde numa escola de Ensino Médio e Técnico Integrado. **Ciência em Tela**, v. 12, n. 2, p. 1-13, 2019.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 30 jun. 2024.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Básica/MEC, 1999.

BRUNDTLAND, H. G**. Our Common Future:** The World Commission on Environment and Development. Oxford: United Nations, 1987.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica:** Questões e desafios para a educação. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

DENNY, D. M. T. Agenda 2030: agronegócio vilão, vítima e solução rumo a uma bioeconomia circular sustentável. **Social Science Research Network**, Edição Especial: Encuentros Multidisciplinares, v. 69, p. 1-14, 2021.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Presidential Green Chemistry Challenge:** Program Scope And Objectives. National Service Center for Environmental Publications, 1995.

FERNANDES, F. L. A.; PAULA, N. L. M.; AMORIM, C. M. F. G.; MILHOME, M. A. L. Abordagem da "Química Verde" por professores no contexto da disciplina de Química do ensino médio. **Eclética Química Journal**, v. 41, p. 66-73, 2016.

FINAZZIA, G. A.; MARTINS, C. N.; CAPELATO, M. D.; FERREIRA, L. H. Desenvolvimento de experimento didático de eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios da Química Verde. **Química Nova**, v. 39, n. 1, p. 112-117, 2016.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GADOTTI, M. **Educar para a sustentabilidade:** uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL-PEREZ, D. Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 154-164, 1994.

GOMES, R. N.; LIMA, P. S.; KURIYAMA, S. N.; FIDALGO NETO, A. A. Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro. **Revista Fitos**, v. 12, n. 4, p. 80-89, 2018.

HANDL, G. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992**. United Nations Audiovisual Library of International Law, p. 1-11, 2012.

KRAEMER, M. E. P. A Universidade do Século XXI rumo ao Desenvolvimento Sustentável. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 3, n. 2, p. 1-21, 2004.

KUBO, O. M.; BOTOMÉ, S. P. Ensino-aprendizagem: uma interação entre dois processos comportamentais. **Interação em Psicologia**, v. 5, p. 161-180, 2001.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

LIMA, J. O. G. O ensino da Química na escola básica: o que se tem na prática, o que se quer em teoria. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 6, n. 2, 2016.

MACHADO, A. **Introdução às métricas de química verde:** uma visão sistêmica. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, R. C.; BERNARDI, F.; KREVE, Y. D.; NICOLINI, K. P.; NICOLINI, J. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio. **Educación Química**, v. 28, p. 246-253, 2017.

MELLO, F.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D.; SANDRI, M. C. M.; ROBAERT, S. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no Ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde. **Educación Química**, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2019.

NOGUEIRA, V. M. R. Estado de Bem-estar Social - Origens e Desenvolvimento. **Revista Katálysis**, v. 5, p. 89-103, 2001.

PALACIOS, E. M. G, L. T. V.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C.; BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade)**. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos, 2003.

PEREIRA, J. G. N.; SAMPAIO, C. G. A Experimentação no Ensino de Química Durante a Educação Básica no Brasil: Reflexões de uma Revisão da Literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 3, p. 319–337, 2022.

PITANGA, Â. F. Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 141-159, 2016.

PINTO, T. P. Justiça climática: o grande tema da COP-27. **AGROANALYSIS**, v. 42, n. 12, p. 16-17, 2022.

ROCHA, Q. G. S.; VOLPE, A. L. D.; CASTRO, F. P.; MIRANDA, M. C. R.; MARQUES, R. N. Educação Ambiental nas aulas de Química: a experiência de uma sequência didática sobre Química Verde. **Enseñanza de las Ciencias**, número extraordinario, p. 3461-3465, 2017.

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Os modelos de abordagem da Química Verde no Ensino de Química. **Educación Química**, v. 30, n. 4, p. 34-46, 2019.

SANTOS, K. M. S.; LIMA, L. M. A.; SANTOS, T. S.; PITANGA, Â. F. Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 4, p. 411-417, 2021.

SAQUETO, K. C. **Green chemistry in higher education of chemistry:** a case study on the effective practices in a São Paulo IES. 2015. 285 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SILVA JÚNIOR, C. A. da.; JESUS, D. P. de.; Girotto Júnior, G. Química verde e a tabela periódica de Anastas e Zimmerman: tradução e alinhamentos com o desenvolvimento sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 1010-1019, 2022.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

ZANON, L. B.; MALDANER, O. A.; GAUCHE, R.; SANTOS, W. L. P. dos. Química: Orientações Curriculares do Ensino Médio. In: LODI, Lúcia Helena. (Org.). **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2004, p. 207-257.

ZUIN, V. G.; STAHL, A.; ZANOTTI, K.; SEGATTO, M. L. Green and sustainable chemistry in Latin America: which type of research is going on? And for what?. **Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry**, v. 25, p. 100379–100384, 2020.

ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A.; ROLOFF, F. B.; VIEIRA, M. S. Desenvolvimento sustentável, química verde e educação ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. **Revista Brasileira do Ensino de Química**, v. 10, n. 1, p. 79–90, 2015.

Sobre os autores

João Guilherme Nunes Pereira

Doutorando em Ensino de Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Especialista em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE). Graduado em Química (Licenciatura) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). E-mail: joaoglh@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1210-0247

Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima

Doutora em Ciências na área de Química Orgânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestra em Química Orgânica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bacharela em Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente Efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE). Docente da Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE). E-mail: maria.lair@ifsertao-pe.edu.br. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7824-8108

Recebido em:

Aceito para publicação em: