

## Química Verde no Ensino de Química: Uma revisão entre 2011 e 2021 a partir de periódicos científicos

Green Chemistry in Chemistry Teaching: A review between 2011 and 2021 from scientific journals

Química Verde en la Enseñanza de la Química: Una revisión entre 2011 y 2021 a partir de revistas científicas

Recebido: 20/06/2022 | Revisado: 01/07/2022 | Aceito: 06/07/2022 | Publicado: 15/07/2022

**Ederson Costa de Melo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3888-3657>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: [Ederson.c.melo1@gmail.com](mailto:Ederson.c.melo1@gmail.com)

**Katiuscia dos Santos de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9837-9335>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: [katy\\_souza@ufam.edu.br](mailto:katy_souza@ufam.edu.br)

### Resumo

A Química Verde, através de seus princípios, no ensino busca a formação cidadã, além do aprofundamento no conteúdo de Química. Logo, esse trabalho teve como objetivo verificar como se dá a abordagem da Química Verde no ensino de Química para o nível médio, através de uma Revisão Sistemática da Literatura. Na pesquisa bibliográfica, foi produzido um protocolo de pesquisa, utilizando-se critérios de inclusão e exclusão, com a seleção dos artigos feita nas bases de dados Google acadêmico e portal CAPES. Os resultados foram avaliados por análise de conteúdo, com as categorias emergindo a partir das similaridades entre os artigos. Os resultados indicaram lacunas na abordagem da Química Verde no Ensino de Química, entre elas, a formação docente, devido a carência de disciplinas relativas à Química verde no currículo dos cursos de formação. As estratégias e instrumentos didáticos não utilizam todas as abordagens da Química Verde, comumente apenas experimentos ilustrativos da aplicação e adaptação aos seus princípios e a formação cidadã se dá quando se utiliza diversos recursos didáticos, o que tem potencial para melhorar.

**Palavras-chave:** Química verde; Ensino de química; Formação cidadã.

### Abstract

Green Chemistry, through its principles, seeks to educate citizens in education, in addition to deepening the content of Chemistry. Therefore, this work aimed to verify how the Green Chemistry approach is given in the teaching of Chemistry to the high school level, through a Systematic Review of Literature. In the bibliographic research, a research protocol was produced, using inclusion and exclusion criteria, with the selection of articles made in the Google academic databases and CAPES portal. The results were evaluated by content analysis, with the categories emerging from the similarities between the articles. The results indicated gaps in the approach of Green Chemistry in Chemistry Teaching, among them, teacher training, due to the lack of subjects related to Green Chemistry in the curriculum of training courses. Strategies and didactic instruments do not use all approaches of Green Chemistry, commonly only illustrative experiments of the application and adaptation to its principles and citizen formation occurs when using various didactic resources, which has the potential to improve.

**Keywords:** Green chemistry; Chemistry teaching; Citizen training.

### Resumen

La Química Verde, a través de sus principios, busca formar ciudadanos en la educación, además de profundizar en los contenidos de la Química. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo verificar cómo se da el enfoque de Química Verde en la enseñanza de la Química en el nivel medio, a través de una Revisión Sistemática de la Literatura. En la investigación bibliográfica, se elaboró un protocolo de investigación, utilizando criterios de inclusión y exclusión, con la selección de artículos realizada en las bases de datos académicas Google y portal CAPES. Los resultados fueron evaluados por análisis de contenido, surgiendo las categorías de las similitudes entre los artículos. Los resultados indicaron vacíos en el abordaje de la Química Verde en la Enseñanza de la Química, entre ellos, la formación de profesores, debido a la falta de materias relacionadas con la Química Verde en el currículo de los cursos de formación. Las estrategias e instrumentos didáticos no utilizan todos los enfoques de la Química Verde, comúnmente solo se dan experimentos ilustrativos de la aplicación y adaptación a sus principios y la formación ciudadana al utilizar diversos recursos didáticos, los cuales tienen potencialidades de mejora.

**Palabras clave:** Química verde; Enseñanza de la química; Formación ciudadana.

## 1. Introdução

O século XXI se destaca por avanços na tecnologia e na ciência, com a economia marcada pelo consumismo que demanda cada vez mais exploração de matérias-primas, geração de resíduos e impactos ao meio ambiente de todas as grandezas.

Diante desse cenário, no final do século passado, ao longo da década de 90, a Química Verde surgiu como proposta, a criação, desenvolvimento, aplicação de produtos e processos químicos que reduzem ou eliminam ao longo da cadeia de produção o uso e formação de substâncias tóxicas (Souza et al., 2020; Jacob et al., 2022).

A Química Verde, através de seus doze princípios, preocupando-se com questões e problemas ambientais, em geral, atribuídos as indústrias químicas, buscando aprimoramento tecnológico, com melhoria de processos e produtos, valorados pela sociedade e mercado, sob a política do ecologicamente correto, pode promover mudança de consciência e levar há uma prática dirigida a sustentabilidade, onde se passa da prática da Química tradicional para uma Química Verde (Roloff & Marques, 2018).

Os doze princípios da Química Verde são:

1. **Prevenção.** Evitar a produção do resíduo é melhor do que trata-lo ou “limpá-lo” após sua geração.
2. **Economia de Átomos.** Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3. **Síntese de Produtos Menos Perigosos.** Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. **Desenho de Produtos Seguros.** Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
5. **Solventes e Auxiliares mais Seguros.** O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
6. **Busca pela Eficiência de Energia.** A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7. **Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima.** Sempre que técnica- e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
8. **Evitar a Formação de Derivados.** A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9. **Catálise.** Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos<sup>23-25</sup>.
10. **Desenho para a Degradação.** Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
11. **Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição.** Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12. **Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes.** As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios (Lenardão, Freitag, Dabdoub, Batista & Silveira, 2003, p.124).

Esses princípios da Química Verde também são discutidos no ensino, porém, a indústria continua sendo a principal área, tendo pouca abordagem na área de ensino e quando associado a esta, geralmente é considerado como um ramo ou termo da Química Ambiental (Brandão et al., 2018). Ainda segundo esses autores, dada a complexidade do ambiente escolar, a inserção da Química Verde no ensino não é simples. Tais discussões começaram ser feitas em universidades e pós-graduações, sendo que no ensino médio há dificuldades de articulação da Química Verde aos temas que ela pode desenvolver. De modo que, tanto a Química Verde como a Química Ambiental, são pouco exploradas no ensino superior, mas também no ensino médio (Roloff & Marques, 2018).

Por sua visão inovadora, a Química Verde no ensino de química, pode ser utilizada de diversas maneiras, associadas ao conteúdo curricular, desde questões estequiométricas relacionando o rendimento, até a questão de sustentabilidade, utilização e manejo adequado do meio ambiente, porém, diferenciando da Química Ambiental, onde esta relacionada às consequências negativas provocadas pelo homem no meio ambiente, a Química Verde adentra com seus princípios de maneira preventiva, buscando processos que minimizem ou evitem a degradação ambiental, com o uso mais racional de todos os componentes da reação (Baird & Cann, 2011; Machado, 2007).

Destacam-se aqui alguns trabalhos que enfatizam a importância da Química Verde no ensino de maneira explícita ou implícita, como Russo e Messeder (2018) que asseveram o caráter inovador no ensino de Química, da Química Verde. Nardotto e Bernadelli (2019) inferem que além da necessidade de inovação, deve haver o desenvolvimento de estratégias facilitadoras, que sejam sustentáveis e que facilitem o processo de ensino-aprendizagem.

Almeida et al., (2019) ressaltam a importância da Química Verde na formação docente, devido a uma visão holística da realidade. Assim, cursos de licenciatura em Química devem formar professores que no exercício da profissão, busquem a formação cidadã.

Souza, Sampaio, Vasconcelos e Barroso (2020) abordam sobre a utilização de combustíveis como diesel e gasolina, derivados de fontes não renováveis, que ocasionam diversos malefícios ao meio ambiente e ao homem, como a chuva ácida e o efeito estufa, ocasionado pelo aumento da concentração de gases, em detrimento de fontes alternativas como o biodiesel, que se adequa aos princípios de Química Verde, por ser limpo, renovável e biodegradável. Em laboratórios de ensino podem ser utilizados diversas matérias-primas, dado que o biodiesel pode ser extraído de por exemplo, gordura animal, oleaginosas e microalgas.

Com base nos trabalhos, reconhece-se a necessidade de discussão e promoção da criticidade no processo formativo do indivíduo de modo a prepará-lo para agir e discutir os problemas de cunho ambiental, social, econômico, entre outros relacionados a ciência e a vida.

Entretanto, de maneira geral durante o ensino médio, as aulas de química tornam-se desinteressantes para os alunos, com o conteúdo químico geralmente, ministrado de maneira tradicional, focado na memorização, o aluno somente escrevendo o que é explicado pelo professor, ou resolvendo exercícios, onde o principal recurso é o livro didático, seguido pelo professor sem uma abordagem contextualiza e que se relacione com o seu cotidiano (Santos & Soares, 2018; Silva et al., 2019), o que inibe a participação ativa do aluno, onde a inovação é um diferencial.

Pensar na inserção da Química Verde pela ótica da abordagem da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), alinhando as questões ambientais e seus impactos econômicos e sociais, fomenta o desenvolvimento crítico, formativo e ativo do cidadão no processo educativo, pode minimizar o ensino desinteressante, memorístico e apático.

Uma vez que o movimento CTS surgiu para contrapor o pensamento linear tradicional, onde o desenvolvimento científico e tecnológico relaciona-se a riqueza e bem-estar social, desconsiderando os efeitos negativos de tal desenvolvimento, numa visão salvacionista da ciência e tecnologia, que se perpetuou em diversos meios, desconsiderando os efeitos sociais e ambientais (Santos, 2007; Sousa et al., 2020) refletindo “no âmbito acadêmico e educativo uma nova percepção da ciência e tecnologia e suas relações com a sociedade” (Palacios et al., 2003, p.125).

De acordo com a abordagem CTS, há criticidade em relação ao tradicional, possuindo caráter interdisciplinar, onde um dos seus objetivos é compreender a ciência e tecnologia diante de suas dimensões sociais, ou seja, através de seus antecedentes e “consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança” (Palacios et al., 2003, p.125).

Para Santos e Mortimer (2000, p. 114), o objetivo central da educação CTS é de “desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnológica na sociedade e atuar na solução de tais questões”.

Enfatizando, Pereira (2018) destaca que o CTS no ensino de ciências possui como um de seus principais objetivos a formação cidadã, que dentre outras características destaca-se o raciocínio crítico, em relação a problemáticas de diversas vertentes como sociais, políticas e ambientais ocasionadas pela ciência e tecnologia, e pôr fim a tomada de decisões direcionadas ao melhor desenvolvimento da sociedade.

Deste modo, as discussões geradas pela Química Verde podem se fundamentar teoricamente na abordagem da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), onde esta, pode contribuir, a partir de um ensino crítico e contextualizado, promover participação ativa do indivíduo na sociedade, devido aos problemas e questões que surgem do avanço científico e tecnológico (Auler & Bazzo, 2001; Brandão et al., 2018; Pinheiro et al., 2007) e nos próprios preceitos e princípios da Química Verde gerar discussões e posicionamentos.

O cidadão merece aprender a ler e entender – muito mais do que conceitos estanques – a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos (Bazzo, 1998 como citado em Pereira & Araújo, 2021, p. 2).

Assim, o processo educativo, só poderá provocar um fortalecimento nos laços sociais, quando sistematizar uma tendência a inovação, através do poder criativo do homem, da problematização e contextualização. Com as inovações não se atendo ao pontual ou focadas em um único aspecto, e sim buscando formar um corpo de conhecimentos que relacionem a diversidade no processo de ensino-aprendizagem (Carvalho, 2004; Saviani 1996).

Nesse contexto de busca por criticidade, inovação e participação ativa no processo de aprendizagem, a Química Verde com suas potencialidades e discussões é uma abordagem que contribui para minimizar o aspecto meramente teórico da Química, na medida em que relaciona o cotidiano com os aspectos e conteúdos químicos da sala de aula.

São exemplos passíveis de discussões, o desenvolvimento de catalisadores que auxiliam em reações de quebra de contaminantes, substituição de CFCs por CO<sub>2</sub> na produção de espumas de poliestireno (Baird & Cann, 2011), economia de átomos, através do desenvolvimento de tecnologias, e isso se verifica por cálculos de rendimento (Machado, 2007) dentre outras aplicações.

Considera-se que há de forma geral, falta de conhecimento dos alunos e professores sobre a Química Verde, apesar dos muitos conteúdos sobre meio ambiente que podem ser contemplados e trabalhados em sala de aula, aponta-se uma possível lacuna no ensino de Química, principalmente no que tange uma divulgação que chegue a sala de aula.

Além disso, na área de ensino, a sustentabilidade é abordada na Base Nacional Curricular Comum (BNCC) na competência geral 10: “Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários” (BNCC, 2018, p.10).

Na BNCC (2018, p.8) a formação do discente envolve o desenvolvimento de competências e habilidades. Em que competência é definida como “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”.

É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização

das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BNCC, 2018, p.547).

Em vista de todo o abordado, o ensino deve abranger além de conteúdos conceituais, conteúdos que desenvolvam procedimentos e atitudes, com vistas para uma formação cidadã plena, preparando indivíduos para enfrentamento e resolução de problemas cotidianos em diferentes contextos.

A Química Verde e seus princípios, podem atender essas necessidades, devido à interdisciplinaridade facilitar contatos, promover um foco nos esforços para enfrentar problemas e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, a partir da identificação de pontos de melhoria no trabalho em sala de aula. Além de nas últimas décadas, o meio ambiente permanecer em voga, sendo comum em noticiários, reportagens sobre a destruição da camada de ozônio, desmatamento e poluição provocada pelas indústrias, vazamento de resíduos, queimadas, vazamento de barragens, entre outras.

Deste modo, buscou-se nesse trabalho responder ao seguinte questionamento: Como tem ocorrido a abordagem da Química Verde no Ensino Médio? cujo objetivo é realizar uma revisão sistemática da literatura a partir da temática Química Verde e compreender como a Química Verde tem sido trabalhada no ensino médio.

## 2. Metodologia

A pesquisa é de caráter qualitativo, do tipo exploratória, moldada nos preceitos da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), onde a proposta consiste em realizar uma pesquisa bibliográfica relacionada com a Química Verde e sua abordagem no ensino de Química no Brasil, nível médio.

Para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, utilizam-se materiais já produzidos, optando-se apenas por artigos científicos. Uma das vantagens da pesquisa bibliográfica é permitir um contato com trabalhos de maneira ampla, que abordem diferentes contextos, que seriam bastante difíceis de maneira presencial (Gil, 2008).

A RSL é um dos tipos de investigação científica, considerada um estudo experimental de recuperação e análise crítica da literatura. Dentre seus objetivos principais, estão além de testar hipóteses, levantar, reunir, avaliar criticamente a metodologia de pesquisa e sintetizar os resultados de diversos estudos primários (Mattos, 2015), seguindo-se assim, responder perguntas de pesquisas previamente formuladas relacionados ao tema.

As etapas da RSL iniciaram-se pela definição da pergunta de forma clara e precisa. O segundo passo envolveu a busca por evidências, onde foram incluídos todos os artigos relacionados e importantes para o tema, com informações que pudessem ser incluídas na conclusão. A terceira etapa foi a revisão e seleção dos estudos, obedecendo os critérios de inclusão e exclusão definidos na pesquisa. A quarta etapa envolveu a análise da qualidade metodológica dos estudos, onde se verificou fontes de erros, que comprometeriam a análise. A última etapa foi a apresentação dos resultados, onde as características dos artigos revisados, com o desenho metodológico, ano de publicação, principais resultados, pode ser demonstrado no quadro respectivo (Sampaio & Mancini, 2007).

Para o desenvolvimento e de acordo com o protocolo de pesquisa, foram feitas consultas nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) e Google acadêmico, foram selecionados somente artigos, publicados no período de 2011 até 2021 que contemplam os *qualis* CAPES A e B.

Durante as pesquisas, utilizou-se como palavras-chave: Química Verde, Ensino, Ensino de Química, Ensino Médio, Educação Ambiental e Experimentação. Para combinação das mesmas, utilizou-se operadores booleanos “e”, “ou” e “não”, quando a base de dados permitia, como no portal da CAPES. Após alguns testes, os melhores resultados se deram com a combinação “Química Verde e Ensino”. Todas as pesquisas foram devidamente catalogadas em formulários de condução da pesquisa, onde foi indicado, a partir da leitura do título e resumo, quais artigos foram incluídos e excluídos de acordo com

alguns critérios (Quadro 1), como o conteúdo do artigo ser de Química Verde e relacionada ao ensino, não podendo ser somente na indústria. Tratar da educação básica, ou caso relacionado ao ensino superior, que houvesse uma conexão com o ensino médio, mostrando a aplicabilidade neste.

**Quadro 1.** Critérios de Inclusão e Exclusão

<b>Critério de Inclusão</b>	<b>Critério de Exclusão</b>
Artigos publicados e disponíveis de maneira integral nas bases de dados científicas;	Artigos que possuam restrição de acesso na base de dados, impossibilitando a leitura integral;
Artigos publicados em periódicos no período de 2011 até 2021;	Artigos cujo assunto aborde a Química Verde, porém somente na área industrial, ou outro contexto não relacionado ao ensino;
Artigos que abordem a aplicação da Química Verde no ensino de Química.	Artigos que tratem somente da aplicação da Química verde no ensino superior.
Artigos que abordem a Química Verde na educação básica ou no ensino superior, com aplicação no ensino médio.	

Fonte: Autores (2022).

Na pesquisa inicial, houve um total de 75 artigos de todas as bases e periódicos que foram selecionados a partir da leitura do título e resumo. Após uma avaliação dos resultados, restaram 42 artigos sendo que estes foram lidos além do título e resumo. Após a segunda triagem, restaram 18 artigos, que foram lidos de maneira integral, sendo estes utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

As revistas que contêm esses artigos com seus respectivos *qualis* são: Educación Química-A1, Química Nova-A4, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências-A2, Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias- A2, Eclética Química- B4, Química Nova na Escola-B2, Brazilian Journal of Development-B2, Revista Debates em Ensino de Química-A3, Revista Extensão e Cidadania-B3, Ciência em Tela-A3.

A partir do material coletado, os resultados foram analisados a luz da análise de conteúdo (AC). Basicamente, há três fases na AC (Gil, 2008, Bardin, 2016), sendo a pré-análise, com a escolha dos artigos para análise. A exploração do material, onde há elaboração de categorias ou unidades de análise, baseada na leitura e extração dos elementos constituintes dos artigos, e por fim o tratamento dos dados, com sua inferência e interpretação. Ainda de acordo com Gil (2008):

Para tanto são utilizados procedimentos estatísticos que possibilitam estabelecer quadros, diagramas e figuras que sintetizam e põem em relevo as informações obtidas. À medida que as informações obtidas são confrontadas com informações já existentes, pode-se chegar a amplas generalizações, o que torna a análise de conteúdo um dos mais importantes instrumentos para a análise das comunicações de massa (Gil, 2008, p.153).

De acordo com os objetivos propostos, buscou-se nas leituras recortes que indicassem como a Química Verde é abordada no ensino médio, mostrando-se assim, diversas características, como facilidades e dificuldades na sua aplicação e os seguintes critérios de análise foram adotados, baseados em Graffunder, Camillo, Oliveira e Goldschmidt (2020): educação ambiental, nível de ensino, proposta didática, princípios abordados da Química Verde, contextualização, conteúdo curricular relacionado para auxiliar na construção das categorias de análise.

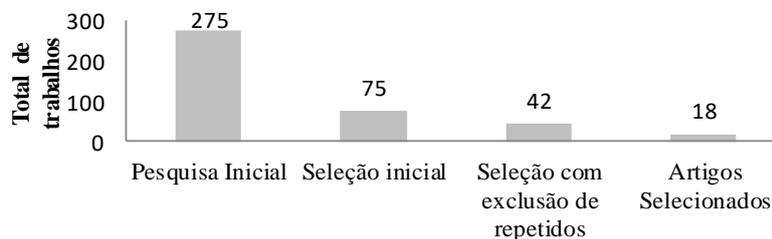
A Química Verde, através de seus princípios, justifica não só uma mudança nos processos químicos, mas também uma mudança na forma de ver o meio ambiente, buscando-se assim, uma educação crítica ambiental. No critério Nível de

ensino, inicialmente, buscou-se verificar a abordagem no ensino médio, assim como na formação docente havendo neste, possível aplicação no ensino médio, como em sequências didáticas. A Proposta didática busca verificar os objetivos do artigo, e suas relações com a abordagem verde no ensino. Na contextualização, buscou-se verificar o processo de ressignificação do conhecimento, através das possíveis problemáticas abordadas, onde isso pode se relacionar ao conteúdo curricular relacionado.

### 3. Resultados e Discussão

Ao longo do desenvolvimento da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), em cada base de dados, efetuou-se uma pesquisa inicial, e a partir desta, pela leitura do título e resumo foram selecionados artigos para leitura integral, conforme a Figura 1.

**Figura 1:** Total de artigos selecionados a partir da pesquisa inicial.



Fonte: Autores (2022).

No portal da CAPES obteve-se 135 resultados e 39 artigos selecionados para leitura, no Google acadêmico de 140 selecionaram-se 36, totalizando 75 artigos iniciais das duas bases de dados. Porém, após a comparação entre as listas de cada base de dados, para retirada de resultados repetidos, obteve-se um total de 42 artigos. Desses, um total de 18 foram selecionados para o desenvolvimento desse trabalho. No Quadro 2 são apresentados todos os artigos selecionados:

**Quadro 2.** Relação de artigos selecionados.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>	<b>Ano de publicação</b>
Borges, L. D.; Machado, P. F. L.	Lavagem a seco	Química Nova na Escola	2013
Wallau, M.; Bianchini, D.; Ebersol, C. P.; Júnior, J. A. S.; Barboza, T. M.	Química verdadeiramente verde–propriedades químicas do cloro e sua ilustração por experimentos em escala miniaturizada	Química Nova	2015
Fernades, F. L. A.; Paula, N. L. M.; Amorim, C. M. F. G.; Milhome, M. A.	Abordagem da “Química Verde” por professores no contexto da disciplina de Química do ensino médio	Eclética Química	2016
Finazzi, 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	2016
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 (Parte I)	Educación Química	2017
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 - revista de investigación y experiencias didácticas	2017
Silva, D. B.; Gonçalves, M. M.; Kreve, Y. D.; Nicolini, K. P.; Nicolini, J.	Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base (parte II): extração e armazenamento	Educación Química	2018
Santos, D. M.; Royer, M. R.	Uma Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química	Revista Debates em Ensino de Química	2018
Almeida, Q. A. R.; Silva, B. B.; Silva, G. A. L.; Gomes, S. M. S.; Gomes, T.C.	Oficina temática de experimentos em química: Repensando o ensino de química de forma sustentável	Revista Extensão e Cidadania	2018
Pires, T. C. M.; Ribeiro, M. G. T.C.; Machado, A. A. S. C.	Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdura dos processos de extração tradicionais	Química Nova	2018
Sandri, M. C. M.; Ourides, S. F.	Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química	Educación Química	2019
Sousa, A. C.; Silva, C. E.; Costa, T. T.	Ações de extensão no ensino médio: química verde e desenvolvimento sustentável	Brazilian Journal of Development	2019
Brandão, J. B.; Bouzon, J. D.; Alvarenga, S. D. S.; Crispino, A.	Estudo sobre os conceitos da Química Verde numa escola de ensino médio e técnico integrado	Ciência em Tela	2019
Sousa, A. C.; Silva, C. E.; Costa, T. T.	A abordagem dos princípios da Química Verde e sustentabilidade no livro didático de química do ensino médio	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	2020
Santos, K. M. S.; Lima, L. M. A.; Santos, T. S.; Pitanga, A. 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	2021
Ventapane, A. L. S.; Santos, P.M. L.	Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água	Química Nova na Escola	2021
Bruno, C. M. A.; Almeida, M. R.	Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioprodutos nas aulas de química orgânica experimental	Química Nova	2021
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	2021

Fonte: Autores (2022).

Após a leitura dos artigos, e de acordo com os critérios de análise, buscou-se criar categorias de análise baseadas na problemática, envolvendo os eixos temáticos de ensino e Química Verde, a partir das características em comum dos artigos, chegando-se às seguintes categorias: 1- Formação docente e seus reflexos no ensino de Química, 2- Estratégias e instrumentos didáticos para o ensino de Química Verde, 3- Química Verde e a formação cidadã.

Os dados dos 18 trabalhos encontram-se no Quadro 2 onde em cada critério, coletaram-se evidências que geraram as respectivas categorias de análise:

**Quadro 2.** Relação artigos *versus* categorias de análise.

<b>Categoria de análise</b>	<b>Relação de artigos</b>
Formação docente e seus reflexos no ensino de Química	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Abordagem da “Química Verde” por professores no contexto da disciplina de Química do ensino médio</li><li>2. Oficina temática de experimentos em Química: Repensando o ensino de Química de forma sustentável.</li><li>3. Educação ambiental nas aulas de Química: a experiência de uma sequência didática sobre Química verde.</li></ol>
Estratégias e Instrumentos didáticos para o ensino da Química verde	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioprodutos nas aulas de Química orgânica experimental.</li><li>2. A abordagem dos princípios da Química Verde e sustentabilidade no livro didático de Química do ensino médio.</li><li>3. Lavagem a seco</li><li>4. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio (Parte I).</li><li>5. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base (parte II): extração e armazenamento.</li><li>6. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdura dos processos de extração tradicionais.</li><li>7. Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água.</li><li>8. Desenvolvimento de experimento didático de eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios da Química verde</li><li>9. Química verdadeiramente verde—propriedades químicas do cloro e sua ilustração por experimentos em escala miniaturizada.</li><li>10. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química.</li><li>11. A Experimentação Na Educação em Química Verde: Uma análise de propostas didáticas desenvolvidas por licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista</li><li>12. Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio.</li></ol>
Química Verde e a formação cidadã	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Estudo sobre os conceitos da Química verde numa escola de ensino médio e técnico integrado.</li><li>2. Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química</li><li>3. Ações de extensão no ensino médio: Química Verde e desenvolvimento sustentável.</li></ol>

Fonte: Autores (2022).

### 3.1 A formação docente e seus reflexos no Ensino de Química

A partir dos critérios de análise, em relação ao nível de ensino, dado a pequena quantidade de trabalhos que indicavam uma aplicação da Química Verde na educação básica, somente 9, extrapolou-se as leituras para artigos onde há um estudo em nível superior, porém com aplicabilidade no ensino médio, por meio de sequências didáticas que possam ser aplicadas ou adaptadas ao Ensino Médio, ações de extensão, divulgação científica ou processo formativo com vistas a química verde.

Avaliando os três artigos incluídos nessa categoria, percebe-se que a formação docente precisa melhorar no que tange a inserção da Química Verde no processo formativo dos professores e assim, possibilitar a sua abordagem no Ensino Médio de forma mais frequente e crítica.

Para Almeida et al. (2019), a utilização da Química Verde em instituições de ensino superior no Brasil ocorre de maneira lenta. De acordo com os dados de sua pesquisa, poucas universidades abordam a Química Verde como disciplina, como na região norte onde nenhuma possui em sua matriz curricular a disciplina de Química Verde, uma evidência que a inserção da Química Verde é uma lacuna na formação de professores que reflete no Ensino Médio.

Entendendo que a Química Verde pela ótica do professor que deve buscar a formação de cidadãos, o CTS auxilia as discussões críticas que a Química Verde propõe.

De acordo com Pinheiro et al., (2007), o CTS possui três modalidades dentro do ensino: 1- Enxerto CTS, onde há uma introdução da mesma nas disciplinas de ciências, 2- Ciência e tecnologia por meio da CTS, onde há uma estruturação do conteúdo curricular através do CTS, podendo ser unitária ou multidisciplinar e 3- CTS puro, onde o ensino de ciência, tecnologia e sociedade se dá através do CTS, tendo o conteúdo curricular subordinado ao CTS. Ainda conforme os autores, o papel do professor é crucial, em qualquer modalidade, para a mobilização dos saberes, bem como desenvolvimento de competências e habilidades. Uma postura crítica, pode ser assim utilizada em outros contextos, fora do ambiente escolar.

Em Fernandes et al., (2016), observou-se a falta de conhecimento dos princípios de Química Verde por professores, visto que diante do questionamento sobre contextualização da Química Verde, evidenciou-se falta de compreensão e significação da Química Verde, o que resulta em um conhecimento raso e reducionista:

Os resultados mostram o notório despreparo da maioria dos sujeitos entrevistados para a abordagem da Química Verde como componente da Educação Ambiental e do ensino de Química no Ensino Médio. Apenas um sujeito adequava as suas respostas conforme eram feitas as perguntas de modo a se ter um melhor direcionamento. O conhecimento teórico sobre a Química Ambiental pelos professores apresentou-se frágil e fragmentado, com ausência de interdisciplinaridade, o que vai ao encontro do que é proposto pelos PCNs, DCNs, LDB e a própria Constituição Brasileira. Os sujeitos pesquisados tendem a ter uma visão muito reducionista, superficial e simplista do que venha a ser a Química Verde apontando para a importância do cotidiano dos alunos como justificativa para a sua utilização (Fernandes et al., 2016, p. 72).

Para Almeida et al., (2018, p. 33) a inserção dos conceitos da Química Verde, fomenta “a formação, tanto em alunos quanto em professores, de um pensamento mais crítico e atencioso a respeito dos impactos que a química pode causar no meio ambiente.”

Segundo Auler (1998 como citado em Auler & Bazzo 2001, p.2), dentre os problemas e desafios na formação de professores, destaca-se que tal formação é incompatível com a perspectiva interdisciplinar da CTS, “a compreensão dos docentes na interação das três esferas, ou seja, ciência, tecnologia e sociedade”, bem como a redefinição dos conteúdos programáticos. Pinheiro et al. (2007, p. 74) reforçam tal ideia, verificando a necessidade de mudanças, através de novas concepções de ciência e tecnologia, contextualizadas no âmbito social, havendo uma renovação no conteúdo programático. Além disso, ressalta que um dos objetivos da CTS no âmbito educacional é justamente “combater a segmentação do conhecimento, em todos os níveis de educação”. Observa-se assim, que o ensino tradicional, torna-se um entrave para o desenvolvimento da abordagem de Química Verde, onde os seus princípios atendem a uma visão sistêmica da sociedade.

Entretanto, a lacuna provocada pela ausência de ensino da Química Verde nas instituições de ensino superior, justifica uma atitude proativa, onde o professor busca em outros meios, especializar-se ou entender melhor a Química Verde, como em revistas especializadas, cursos na área ambiental dentre outros (Marques, 2012). Porém, ainda que um docente seja consciente, pode haver dificuldades externas ao seu trabalho:

Eu fiz um ano de um curso na universidade... sobre química ambiental, ... e os meus interesses pessoais se refletem nas minhas lições. Agora estou fazendo um Master sobre desenvolvimento sustentável e já iniciei um projeto sobre fontes renováveis de energia [...] Mas eu falo em não poluir, e depois usamos solventes clorados e não posso degradá-los como se deveria... vou ao diretor [da escola] e digo “devemos recolher os solventes clorados e degradá-los como rejeito especial”.. “é, mas não pode, custa muito”. Como posso ensinar coisas quando depois o ácido sulfúrico que uso continuamente é jogado lá... me sinto a primeira incoerente e me envergonho (Marques, 2012, p. 331).

De acordo com esse autor, tal posicionamento é de um professor engajado, que adota temas ambientais no ensino de Química, que utiliza estratégias de ensino de acordo com a problemática dada, dialoga com contextos sociais.

Todavia, pode-se observar dificuldades ocasionadas pelo contexto em que o professor está inserido, onde a escola diverge do pensamento do professor. A partir do estado emocional provocado, pode haver desinteresse, falta de motivação e abandono de tal postura, que associadas as questões de ordem pedagógica, como tipo de escola, a carga horária, condições materiais, ou mesmo os próprios alunos que devem “ter alguma boa base de Química, para entender aquilo que acontece,... as regras do jogo, e então, após esse ponto pode entrar em campo a química verde” (Marques, 2012, p.332), o problema se agrava posto que em muito dos casos, o próprio ensino de Química é desestimulante para os discentes. Esses problemas são apontados num trabalho que ocorreu no exterior, mas se assemelham aos vivenciados no Brasil.

De acordo com Freire (2013) pode-se enquadrar tais características como situações limites, onde não há escolha para o professor, há não ser adaptar-se a tal situação. Entretanto, para se atingir o inédito viável, ou soluções praticáveis despercebidas, os professores não podem ver as questões de ordem pedagógicas como obstáculos intransponíveis, mas utilizando a postura crítica:

Ao se separarem do mundo, que objetivam, ao separarem sua atividade de si mesmos, ao terem o ponto de decisão de sua atividade em si, em suas relações com o mundo e com os outros, os homens ultrapassam as “situações-limites”, que não devem ser tomadas como se fossem barreiras insuperáveis, mais além das quais nada existisse (Freire, 2013, p. 90).

Outro reflexo dessa lacuna formativa é mostrado em Rocha et al., (2017, p. 3464), que destacam a educação ambiental, bem como o conhecimento prévio dos alunos em Química Verde, que a relacionavam a estudos de ecologia, indicando ser “a ciência que estuda os seres vivos e as plantas”. Embora alguns termos tenham sido utilizados em suas respostas como “é uma Química sustentável, onde é usada para preservar o meio ambiente”, ou reciclagem, combate à poluição, os mesmos, não souberam relacionar aos princípios de Química Verde, verificando-se assim uma lacuna no conhecimento.

De acordo com Pinheiro et al., (2007, p. 74) o enfoque educativo da CTS tem dentre os seus objetivos o questionamento das “formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza, as quais devem ser constantemente refletidas. Sua legitimação deve ser feita por meio do sistema educativo, pois só assim é possível contextualizar permanentemente os conhecimentos em função das necessidades da sociedade”. Nesse sentido, observa-se que a reflexão é um importante aspecto a ser desenvolvido nos discentes e docentes, dado que o meio ambiente possui diversas estruturas afetadas pelo homem, como a fauna e a flora.

A BNCC (2018) na sua competência geral 2, também destaca a investigação, reflexão bem como o pensamento crítico, para “investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas), com base nos conhecimentos das diferentes áreas” (BNCC, 2018, p.11). Lenardão et al., (2003) indicam que a Química voltada para a indústria são um dos principais geradores de problemas ambientais, onde a Química Verde surge como resposta através da utilização de substâncias ou processos menos ou totalmente não poluentes, buscando-se assim um desenvolvimento autossustentável. Dentro do ensino, através dessas visões opostas, os discentes poderão refletir sobre sua realidade, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades com vistas a formação cidadã.

Além disso, para haver eficiência na aplicabilidade da Química Verde no ensino de Química, deve-se atentar para a formação dos docentes, pois os mesmos de acordo com Almeida et al. (2019) serão responsáveis pela formação de competências e habilidades nos discentes trabalhando o ensino de forma a elucidar melhor como os conteúdos ensinados em sala de aula podem se relacionar ao meio ambiente. A Química Verde torna-se importante, no ensino de Química, posto que

auxilia a instigar um pensamento crítico, a pesquisa e tomadas de decisões diante das problemáticas sociais atuais. Freire (2013) destaca que, o educador, além de educar, é educado:

Desta maneira, o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. Ambos, assim, se tornam sujeitos do processo em que crescem juntos e em que os “argumentos de autoridade” já, não valem. Em que, para ser-se, funcionalmente, autoridade, se necessita de estar sendo com as liberdades e não contra elas (Freire, 2013, p.69).

A Química Verde, através de seus princípios busca uma sensibilização ambiental, e a sua ausência como disciplina no ensino superior, acarreta uma deficiência, dado que o professor não possuirá tal saber disciplinar, trazendo prejuízos a formação no ensino médio, onde a Química Verde já é dificilmente abordada, conforme Almeida et al. (2019) sendo, isso, então um fator agravante no processo formativo como um todo.

### 3.2 Estratégias e Instrumentos didáticos para o ensino de Química Verde

Conforme destacado por Lenardão et al. (2003), o conceito de Química Verde é comum em aplicações industriais, porém, é incorporado de maneira gradativa no meio acadêmico, no ensino e pesquisa. Pereira (2018) enfatiza sua utilização na educação básica, onde se prepara assim, profissionais capacitados dentro da Química Verde. Nesse sentido, uma abordagem interdisciplinar favorece uma visão mais ampla de como a Química Verde pode ser utilizada, o que favorece a formação cidadã.

Observou-se que nos trabalhos selecionados, que a estratégia didática mais utilizada para trabalhar a Química Verde foi a experimentação, entende-se que muito pela sua proximidade com a realidade da indústria, facilitando assim a maior assimilação dos princípios da Química Verde e pela natureza experimental da Química que promove muito interesse nos alunos.

Ventapane e Santos (2021) problematizam a contaminação química e biológica da água natural e de uso humano e propõem experimentos de baixo custo dentro dos princípios da Química Verde para a detecção de íons ferro III em água, bem como, buscam um reagente para detectar o ferro qualitativamente.

Bruno e Almeida (2021), trazem experimentos para obtenção de bioprodutos, através da extração de óleos essenciais e vegetais, porém ressaltam que um dos objetivos do experimento é tornar as aulas de Química mais atrativas, onde o professor, através dos diversos métodos descritos no artigo, poderá utilizar aquele que melhor se adéqua a sua realidade, dado que já há dificuldades em aplicação da Química Verde no ensino médio, podendo ocorrer pela questão estrutural escolar ou resistência de professores (Marques, 2012; Roloff & Marques, 2018; Russo & Messeder, 2018).

Martins et al., (2017) e Silva et al., (2018) abordam experimentos onde se utilizam produtos naturais, na introdução do tema ácido-base, utilizando produtos do cotidiano dos estudantes, como vinagre, refrigerante e hidróxido de sódio. A abordagem verde se dá pelo uso de produtos não tóxicos, com a utilização da água como solvente, o que não causaria problemas para os alunos e o meio ambiente.

Pereira (2018, p.38) assevera que o ensino CTS possibilita a utilização voltada para a prática ambiental, onde a Química dentro do ensino deve “possibilitar aos alunos a contextualização e discussão dos conceitos dentro de um enfoque científico e tecnológico, relacionando as questões sociocientíficas, ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais” Logo, a abordagem CTS pode desenvolver nos discentes a formação cidadã, onde a ciência e sociedade são vistas de maneira crítica pelas suas problemáticas.

A experimentação como estratégia no contexto da Química Verde pode utilizar exemplos cotidianos, de fácil assimilação científica, socializa a ciência, estreita laços entre as aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais,

promove o desenvolvimento de habilidades e relaciona as implicações e consequências da ciência ao meio ambiente e sociedade, promovendo assim criticidade, princípio da abordagem CTS.

Um ponto de reflexão sobre a utilização da experimentação, é que a adequação dos processos químicos aos princípios de Química Verde pode encontrar dificuldades estruturais, inibindo sua utilização em ambiente escolar. Assim, a partir das problematizações, os alunos devem ser instigados, desafiados em superar os obstáculos, saindo de uma postura passiva e alienada:

Quanto mais se problematizam os educandos, como seres no mundo e com o mundo, tanto mais se sentirão desafiados. Tão mais desafiados, quanto mais obrigados a responder ao desafio. Desafiados, compreendem o desafio na própria ação de captá-lo. Mas, precisamente porque captam o desafio como um problema em suas conexões com outros, num plano de totalidade e não como algo petrificado, a compreensão resultante tende a tornar-se crescentemente crítica, por isto, cada vez mais desalienada (Freire, 2013, p. 71).

Ainda, sobre a abordagem da Química Verde, Sousa, Silva e Costa (2020, p.594) discutem sobre o ensino de Química direcionado a sustentabilidade, e avaliam nos livros didáticos a incorporação da Química Verde ao currículo de Química. Enfatizam que “o livro didático se configura como o instrumento mais utilizado pelos professores em sala de aula, sendo na maioria das vezes o único suporte pedagógico para a organização do ensino” e nesse contexto, é de suma importância que contemplem os princípios de Química Verde, visando um futuro sustentável.

Na análise realizada pelos autores, nos livros das três séries do ensino médio, todas as unidades possuíam problemáticas contextualizadas com conteúdo curricular de Química, havendo assim, reflexão, e busca de soluções e formação cidadã.

Os livros didáticos analisados atendem a esse compromisso, tanto de forma explícita, como de forma implícita. Em todos os capítulos dos três livros analisados, fizeram-se inferências diretas a problemáticas socioambientais e a relação da química como disciplina que aborda, trata e previne a toxicidade, contemplando os princípios da QV que tratam da prevenção dos riscos, metodologias químicas e planejamentos da ação para a criação, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas (Sousa et al., 2020, p. 612).

Desta forma, é importante que os princípios da Química Verde sejam cada vez mais trabalhados e difundidos, no ambiente acadêmico, de modo a possibilitar a elaboração mais diversificada de materiais didáticos que possam ser trabalhos no Ensino da Química, e principalmente no Ensino Médio, apropriando-se da problematização, contextualização, interdisciplinaridade, pois, o dever do professor não é somente transferir o conhecimento, mas, ao mesmo tempo criar possibilidades para a produção e sua construção, estimulando o pensar (Freire, 2011), e isso pode-se dar através da dialogicidade, onde tanto aluno quanto professor, participam do processo de ensino-aprendizagem, ensinando e aprendendo.

A experimentação e o livro didático são importantes na construção do conhecimento acerca dos princípios da Química Verde, mas, é preciso diversificar as estratégias didáticas que abordam os princípios da Química Verde, e acredita-se que o caminho inicial para essa realização seja a melhoria do processo formativo dos professores.

### **3.3 Química Verde e a Formação Cidadã**

Para Freire (2013, p. 70), o ato cognoscitivo dos discentes deve ocorrer diante do objeto cognoscente, sendo este exposto pelo educador, onde tal objeto é mediatizador de uma reflexão crítica, não só dos alunos, mas também do professor, ou seja, “o educador problematizador refaz, constantemente, seu ato cognoscente, na cognoscibilidade dos educandos. Estes, em

lugar de serem recipientes dóceis de depósitos, são agora investigadores críticos, em diálogo com o educador, investigador crítico, também.”

Na educação problematizadora, há uma inserção crítica na realidade. Lenardão et al., (2003) explanam sobre a Química Verde, como uma ideia ética, onde pode haver a superação de processos químicos geradores de problemas ao meio ambiente, para alternativas menos ou não poluentes, através da instigação dos pesquisadores e educadores para que busquem a adequação dos princípios de Química Verde as suas problemáticas, o que dialoga com a Competência Geral 10 do BNCC, sobre responsabilidade e cidadania.

Brandão et al., (2019) abordam a formação cidadã a partir da abordagem CTS e Química Verde, por meio do desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica, viabilizada por um projeto aplicado ao Ensino Médio e Técnico integrado que trabalhou a fundamentação teórica, discussão temática, avaliação da verdura química (grau em que o experimento atende os princípios da Química Verde) e exposição, destacando-se que houve somente avaliação da verdura de processos selecionados na literatura para abordagem da Química Verde.

A pegada ecológica despertou surpresa dos alunos, esse assunto foi trabalhado na fundamentação teórica e “refere-se à quantidade de terra e água que seria necessária para sustentar as gerações atuais, levando em conta todos os recursos materiais e energéticos, gastos por uma determinada população” (Brandão et al., 2019, p.5).

Nesse sentido, os alunos se mostraram surpresos em saber que o dia da sobrecarga da Terra, no Brasil, já havia passado e com o fato de que a sua forma de vida individual também é capaz de gerar uma pegada ecológica, pois para eles apenas os sistemas de produção industrial eram responsáveis por impactar negativamente o ambiente. Além disso, destacaram a necessidade urgente de mudar seus hábitos, mostrando-se mais conscientes e críticos, como defende a abordagem CTS (Brandão et al., 2019, p.5)

É possível observar que a leitura e discussão, são importantes dentro do processo de ensino-aprendizagem, dado que o confronto do conhecimento prévio com o adquirido, ocasionou mudanças na forma de agir e pensar, sobre a realidade. Conforme os autores “o processo de ensino-aprendizagem é essencial para o desenvolvimento da conscientização dos discentes sobre suas responsabilidades enquanto atores sociais” (Brandão et al., 2019, p. 10).

Para Santos e Mortimer (2000, p.114), dentre as habilidades e conhecimentos que podem ser desenvolvidos na abordagem CTS, pode-se citar “a auto-estima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais.” O que corrobora com a visão de Brandão et al., (2019), no tocante a abordagem CTS, destoando assim da linearidade da ciência. Além disso, o desenvolvimento de valores é de suma importância, onde há a empatia, a preocupação não só com o próximo, mas com tudo que nos cerca, desenvolve-se mais facilmente a sensibilização ambiental e o pensamento sustentável que preconiza a Química Verde, além de fatores econômicos, sociais e éticos.

As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas a sua produção e comercialização. Por exemplo, poderia ser considerado pelo cidadão, na hora de consumir determinado produto, se, na sua produção, é usada mão-de-obra infantil ou se os trabalhadores são explorados de maneira desumana; se, em alguma fase, da produção ao descarte, o produto agride o ambiente; se ele é objeto de contrabando ou de outra contravenção, etc. Certamente o cidadão não tem acesso a todas essas informações, mas refletir sobre tais questões significa mudar a postura em relação ao consumo de mercadorias, pois, em geral, na maioria das vezes, a decisão entre consumir um ou outro produto é tomada em função de sua aparência e qualidade, e quase nunca são considerados os aspectos sociais, ambientais e éticos envolvidos na sua produção (Santos & Mortimer, 2000, pp.114-115).

Sousa et al., (2019, p. 6838), abordam a Química Verde e a sustentabilidade e evidenciam a importância do diálogo, entre todos os envolvidos, ou seja, “buscar coletivamente as explicações, saberes e possíveis soluções a problemas reais.” Santos e Royer (2018), em paralelo a isso, em sua pesquisa, ressaltam o conhecimento prévio dos alunos em relação a Química Verde e educação ambiental, onde não há uma instrução inicial sobre esses conceitos, revelam que mais de 50% dos alunos nunca tinham ouvido falar de Química Verde, os autores enfatizam a importância de propostas onde o conteúdo de Química seja contextualizado, através de uma problematização, possível de resolução pelos discentes. Isso demonstra que há lacunas no ensino de Química.

A análise dos trabalhos dessa categoria reforçou que a Química Verde precisa ser divulgada, instruída e desenvolvida no Ensino de Química, buscando não apenas trabalhar as questões ambientais corretivas, mais sobretudo preventivas e mitigadoras do cotidiano, transformando a realidade e formando cidadãos ativos, críticos e sobretudo dispostos a participar das questões ambientais, enxergando nelas as relações econômicas, éticas e sociais. E ainda, é possível inferir que a formação cidadã se dá quando se utiliza diversos recursos didáticos, como eventos, laboratórios e debates, pois, nesses casos, há um maior desenvolvimento dos discentes em relação a abordagem da Química Verde.

#### 4. Considerações Finais

Em princípio destaca-se a escassez de trabalhos voltados para o Ensino Médio nas bases de dados consultadas, evidenciando que a Química Verde pode ser mais explorada tanto no processo de formação docente quanto no ensino-aprendizagem da Química.

A Química Verde em seus princípios, busca melhorar seus processos, de maneira preventiva, diminuindo ou evitando a possíveis danos ambientais, buscando-se uma visão holística, ou seja, de toda a realidade, na qual todas as etapas são importantes. Dentro da abordagem da Química Verde, no ensino de Química, no entanto, observaram-se algumas características, como a estratégia didática mais utilizada ser a experimentação, depreendendo-se disso, que a Química Verde deve ser trabalhada de forma mais diversificada a partir da gama de estratégias que são possíveis no Ensino da Química.

Outro ponto importante é que há lacunas na formação docente provocadas pela ausência de disciplinas de Química Verde nas Universidades, o que ocasiona uma lacuna também na educação básica, onde observa-se que os alunos não possuem conhecimento da Química Verde, que na maioria das vezes é relacionada a Química ambiental.

Portanto a Química Verde tem sido pouco explorada no Ensino de Química, com sua aplicação quase que exclusivamente a partir da experimentação, e com o livro didático sendo o principal instrumento de apoio de professores que possuem lacunas no processo formativa no que tange a Química Verde.

#### Agradecimentos

Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Química, Curso de Licenciatura em Química.

#### Referências

- Almeida, Q. A. R., Silva, B. B., Silva, G. A. L., Gomes, S. M. S., & Gomes, T. C. (2018). Oficina temática de experimentos em química: Repensando o ensino de química de forma sustentável. *Revista Extensão e Cidadania*, 5(9), 21-35.
- Almeida, Q. A. R., Silva, B. B., Silva, G. A. L., Gomes, S. S., & Gomes, T. N. C. (2019). Química Verde nos cursos de Licenciatura em Química do Brasil: mapeamento e importância na prática docente. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 15(34), 178-187.
- Auler, D., & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 1-13.
- Baird, C., & Cann, M. (2011) *Química Ambiental*. Bookman.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições.

- Brandão, J. B., Bouzon, J. D., Santos, T. C., Pereira, V., & Chrispino, A. (2018). Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(30), 59-76. <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v14i30.5338>.
- Brandão, J. B., Bouzon, J. D., Alvarenga, S. D. S., & Chrispino, (2019). A. Estudo sobre os conceitos da química verde numa escola de ensino médio e técnico integrado. *Revista Ciência em Tela*, 12(2),1-13.
- Carvalho, A. M. P. (Org.) (2004). *Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática*. Cengage Learning.
- Fernandes, F. L. A., Paula, N. L.M., Amorim, C. M.F. G., & Mílhome, M. A. L. (2016). Abordagem da “Química Verde” por professores no contexto da disciplina de Química do ensino médio. *Eclética Química*, 41, 66-73.
- Freire, P. (2011) *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários a prática educativa*. Paz e Terra.
- Freire, P. (2013) *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.
- Gil, A. C. (2008) *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Atlas.
- Graffunder, K. G., Camillo, C. M., Oliveira, N. M., & Goldschmidt, A. I. (2020). Alfabetização científica e o ensino de Ciências na Educação Básica: panorama no contexto das pesquisas acadêmicas brasileiras nos últimos cinco anos de ENPEC. *Research, Society and Development*, 9(9), e313997122. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7122>
- Jacob, R. G., Silva, M. S., Hartwig, D., & Lenardão, E. J. (2022). Educação Ambiental nos cursos de Química da UFPel através da Química Verde. *Química Nova na Escola*, 44(2), 173-182, <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160307>.
- Lenardão, E. J., Freitag, R. A., Dabdoub, M. J., Batista, A. C. F., & Silveira, C. C. (2003). "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, 26(1), 123-129.
- Machado, A. A. S. C. (2007). Métricas da Química Verde—A produtividade atômica. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 107, 47-55.
- Marques, C. A. (2012). Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 316-340.
- Martins, R. C., Bernardi, F., Kreve, Y. D., Nicolini, K. P., & Nicolini, J. (2017). Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino Médio (Parte I). *Educación química*, 28(4), 246-253.
- Mattos, P. C. (2015). *Tipos de revisão de literatura*. UNESP.
- Ministério da Educação e Cultura. (2018). Base Nacional Comum Curricular. [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf)
- Nardotto, R. S., & Bernardelli, M. S. (2019). A química verde como estratégia de ensino e aprendizagem no brasil/green chemistry as a teaching and learning strategy in brazil. *Revista Dynamis*, 25(2), 173-186. <http://dx.doi.org/10.7867/1982-4866.2019v25n2p173-186>.
- Palacios, E. M. G., Linsingen, I., Galbarte, J. C. G., Cerezo, J. A. L., Lújan, J. L., Pereira, L. T. V., Gordillo, M. M., Osorio, C., Valdés, C., & Bazzo, W. A. (2003). *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- Pereira, K. M. (2018). *Inserção dos princípios da Química Verde em uma disciplina experimental sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.
- Pereira, N. V., & Araújo, M. S. T. (2021). Análise de publicações sobre o tema Energia com enfoque CTS no Ensino de Ciências no Brasil entre 2006 e 2017. *Research, Society and Development*, 10(11), e160101119556. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19556>.
- Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., & Bazzo, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, 13(1), 71-84.
- Rocha, Q. G. S., Volpe, A. L. D., Castro, F. P., Miranda, M. C. R., & Marques, R. N. (2017). Educação ambiental nas aulas de química: a experiência de uma sequência didática sobre química verde. *Enseñanza de las Ciencias*, 3461-3465.
- Roloff, F. B., & Marques, C. A. (2018). Contribuições de produções acadêmicas nacionais sobre Química Verde e seu ensino. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(32), 78-91. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i32.6175>.
- Russo, A. L. R. G., & Messeder, J. C. (2018). O professor de química e o século XXI: novos caminhos ou passadas antigas? *Revista Internacional de Formação de Professores*, 3(1), 155-173.
- Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1), 83-89.
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio - Pesquisa em educação em ciências*, 2(2), 110-132.
- Santos, G. A., & Soares, J. M. C. (2018). O Ensino de Química por meio de um projeto educativo intitulado: a identificação de compostos orgânicos nos medicamentos. *Multi-Science Journal*, 1(13), 15-19. <https://doi.org/10.33837/msj.v1i13.588>.
- Santos, D. M., & Royer, M. R. (2018). Uma Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 142-164.

Saviani, D. (1996). *Educação: do senso comum à consciência filosófica*. Cortez.

Silva, D. B., Gonçalves, M. M., Kreve, Y. D., Nicolini, K. P., & Nicolini, J. (2018). Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base (parte II): extração e armazenamento. *Educación química*, 29(2), 3-16. <http://doi.10.22201/fq.18708404e.2018.1.63702>.

Silva, A. C. S., Monteiro, A. O., Silva, S. A., Jucá, S. C. S., & Pascoal, C. V. P. (2019). Reflexões sobre o ensino tradicionalista de Química e uma comparação entre as ferramentas de ensino: visita técnica e softwares de simulação interativa. *Research, Society and Development*, 8(8), e37881214. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1214>.

Sousa, A. C., Silva, C. E., & Costa, T. T. (2019). Ações de extensão no ensino médio: química verde e desenvolvimento sustentável. *Brazilian Journal of Development*, 5(6), 6834-6844. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-174>.

Sousa, A. C. de, Silva, C. E., & Costa, T. T. (2020). A abordagem dos princípios da Química Verde e sustentabilidade no livro didático de química do ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 593-616.

Souza, F. A., Coelho, M. N., & Nunes, A. O. (2020). O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): uma possibilidade de motivação discente. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, e492997431. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7431>.

Souza, C. B. A., Sampaio, C. G., Vasconcelos, A. K. P., & Barroso, M. C. S. (2020). Biodiesel como tema de contextualização para alunos da graduação em química: uma breve revisão na Revista Química Nova. *Research, Society and Development*, 9(11), e1959119494. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9494>.

Ventapane, A. L. S., & Santos, P. M. L. (2021). Aplicação de princípios de Química Verde em experimentos didáticos: um reagente de baixo custo e ambientalmente seguro para detecção de íons ferro em água. *Química Nova na Escola*, 43(2), 201-205. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160253>.