

O IMPACTO DA QUÍMICA VERDE NA AGENDA 2030: UMA ANÁLISE TEMÁTICA SOB A PERSPECTIVA CTS DENTRO DA SALA DE AULA

Flávio Leite Rodrigues

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

Este artigo investiga a relação entre o ensino de Química Verde, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). A pesquisa foi conduzida por meio de uma análise bibliométrica e temática de 442 artigos indexados na base Scopus (string: "green chemistry" + teach", agosto/2025). Após pré-processamento textual e aplicação do modelo de Latent Dirichlet Allocation (LDA), foram identificados cinco tópicos centrais: (i) consciência ambiental e práticas pedagógicas, (ii) currículos e cursos de sustentabilidade, (iii) ensino superior e interdisciplinaridade, (iv) experimentos laboratoriais sustentáveis e (v) produção de materiais educacionais. Os resultados demonstram que o ensino de Química Verde tem sido construído em torno de três eixos principais: formação crítica e cidadã, inovação pedagógica e curricular, e práticas laboratoriais sustentáveis. A análise também revelou nuances de gênero na autoria dos trabalhos, evidenciando diferentes sensibilidades e enfoques no campo. Conclui-se que integrar a Química Verde à perspectiva CTS contribui para uma educação científica crítica, inclusiva e alinhada aos desafios da Agenda 2030, promovendo práticas educativas que conectam ciência, tecnologia e sociedade em prol da sustentabilidade.

Palavras-chave: Química Verde; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; Ciência-Tecnologia-Sociedade; Educação Científica; Análise de Tópicos.

THE IMPACT OF GREEN CHEMISTRY ON THE 2030 AGENDA: A THEMATIC ANALYSIS FROM THE CTS PERSPECTIVE WITHIN THE CLASSROOM

ABSTRACT

This article explores the relationship between Green Chemistry education, the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), and the Science-Technology-Society (STS) approach. The study was conducted through a bibliometric and thematic analysis of 442 articles indexed in the Scopus database (query: "green chemistry" + teach", August/2025). After text preprocessing and the application of the Latent Dirichlet Allocation (LDA) model, five core topics were identified: (i) environmental awareness and pedagogical practices, (ii) sustainability-oriented curricula and courses, (iii) higher education and interdisciplinarity, (iv) sustainable laboratory experiments, and (v) production of educational materials. Results show that Green Chemistry education has been structured around three main axes: critical and civic formation, pedagogical and curricular innovation, and sustainable laboratory practices. The analysis also revealed gender-based nuances in authorship, highlighting different sensibilities and approaches in the field. It is concluded that integrating Green Chemistry into the STS perspective fosters a critical, inclusive, and sustainability-oriented science education, directly contributing to the 2030 Agenda by promoting educational practices that connect science, technology, and society.

Keywords: Green Chemistry; Sustainable Development Goals; Science-Technology-Society; Science Education; Topic Modeling.

Instituição afiliada – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

Dados da publicação: Artigo publicado em Setembro de 2025

DOI: <https://doi.org/10.36557/pbpc.v4i2.392>

Autor correspondente: Flávio Leite Rodrigues

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

A química verde se relaciona de forma intrínseca e multifacetada com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (Lee; Marrocchi, 2024). A Agenda 2030 é um plano de ação global para as pessoas, o planeta e a prosperidade, estabelecido pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, que equilibram as dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável (Martins *et al.*, 2024). A química verde, por sua vez, é um campo interdisciplinar que busca minimizar substâncias perigosas e promover alternativas sustentáveis em processos químicos (Kurul; Doruk; Topkaya, 2025).

No que diz respeito à minimização de impactos ambientais e gestão de resíduos, a química verde adota uma abordagem preventiva, focando em evitar a geração de resíduos e na redução do uso e produção de substâncias perigosas (Kurul; Doruk; Topkaya, 2025). Esse foco está diretamente alinhado com o ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis), que busca reduzir substancialmente a geração de resíduos e garantir o manejo ambientalmente saudável de produtos químicos e de todos os resíduos ao longo de seu ciclo de vida (Martins *et al.*, 2024). Por exemplo, a utilização de matérias-primas renováveis e o desenvolvimento de métodos de síntese mais seguros são princípios da química verde que contribuem para a mitigação das mudanças climáticas (ODS 13) (Martins *et al.*, 2024). A biorremediação microbiana para a poluição plástica, uma estratégia da química verde, oferece soluções sustentáveis para reduzir os efeitos adversos do lixo plástico, com impactos positivos na conservação dos oceanos (ODS 14) e ecossistemas terrestres (ODS 15). Além disso, a química verde promove a produção de materiais biodegradáveis para cosméticos, como alginato e goma arábica, que melhoram a sustentabilidade e reduzem o impacto ambiental (Kurul; Doruk; Topkaya, 2025).

Em termos de eficiência energética e fontes renováveis, a química verde prioriza a otimização de reações e o uso de catalisadores para reduzir a necessidade de energia em processos químicos. Isso se alinha com o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), que visa assegurar o acesso universal a serviços de energia confiáveis, sustentáveis e modernos, e aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global. A nanotecnologia verde (GNT), que incorpora princípios da química verde, é crucial para o ODS 7, pois melhora as tecnologias de armazenamento e conversão de energia e desenvolve catalisadores para a produção eficiente de hidrogênio a partir de fontes renováveis (Kumar *et al.*, 2024). A aplicação de nanorevestimentos também contribui para a eficiência energética, reduzindo o atrito e melhorando a produtividade em máquinas industriais e motores, além de otimizar o uso de energia em sistemas de transporte e redes elétricas inteligentes (Kumar *et al.*, 2024).

No setor de água limpa e saneamento, a química analítica verde (GAC), uma vertente da química verde, busca otimizar os processos analíticos para que sejam seguros, não tóxicos e ecologicamente amigáveis, minimizando o uso de solventes perigosos e a geração de resíduos no tratamento de água e saneamento (Kurul; Doruk; Topkaya, 2025). A GNT também oferece soluções práticas para a escassez de água e o acesso à água limpa, por meio de purificação e dessalinização de água. Essas contribuições apoiam diretamente o ODS 6 (Água Limpa e Saneamento), que tem como meta reduzir a poluição da água, eliminar o despejo e minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos (Kumar *et al.*, 2024; Martins *et al.*, 2024).

Para a agricultura sustentável, a GNT contribui para o ODS 2 (Fome Zero), ao melhorar a eficiência de fertilizantes e pesticidas, o que apoia práticas agrícolas sustentáveis e a produção de alimentos. Além disso, na área da saúde (ODS 3), a

química verde promove o desenvolvimento de vacinas e medicamentos essenciais, e busca reduzir substancialmente o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos e poluição do ar e da água (Martins *et al.*, 2024).

A educação desempenha um papel fundamental na integração da química verde e do desenvolvimento sustentável. Os conceitos de desenvolvimento sustentável e química verde foram amplamente expandidos em currículos, como nos padrões educacionais chineses de 2022 (Chen *et al.*, 2024). Esses currículos incentivam o desenvolvimento de uma filosofia de coexistência pacífica entre o ser humano e a natureza, a reciclagem de recursos e a consciência ambiental verde (Chen *et al.*, 2024). Instituições de ensino superior, como a Queen's University Belfast e a HES-SO University of Applied Sciences Western Switzerland, estão ativamente integrando a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (ESD) em seus programas, alinhando-se aos ODS da ONU. Estudantes são incentivados a relacionar seus trabalhos de pesquisa e projetos com os ODS, promovendo uma mentalidade de sustentabilidade e abordando questões ambientais, econômicas e sociais em suas soluções (Miladinović, 2025). A educação para a sustentabilidade busca ir além das competências técnicas, incentivando o pensamento sistêmico para compreender as interconexões dos problemas e a colaboração para o desenvolvimento de soluções mais robustas (O'Neill; Gui, 2024).

A química verde também se encaixa no ODS 17 (Parcerias para as Metas), pois alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável exige a colaboração entre governos, indústrias, sociedade civil e academia. A própria Agenda 2030 enfatiza a necessidade de uma parceria global revitalizada para sua implementação (Martins *et al.*, 2024). A química verde, com sua natureza interdisciplinar, se beneficia e contribui para essa colaboração, reunindo diferentes conhecimentos e atores para enfrentar desafios globais (Krasnodebski, 2023).

Embora a química verde seja frequentemente considerada um subconjunto da química sustentável — esta última sendo uma abordagem mais abrangente que incorpora aspectos econômicos, sociais e éticos — a química verde é reconhecida como um elemento fundamental para alcançar os objetivos mais amplos da sustentabilidade (Krasnodebski, 2023). Houve até propostas para expandir os 12 princípios originais da química verde para incluir três novos, sendo o 15º especificamente dedicado a garantir que um produto ou processo químico contribua para pelo menos um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS). Esse princípio adicional visa alinhar ainda mais a química verde com a abordagem abrangente da Agenda 2030, promovendo um pensamento mais holístico e integrado que considera os benefícios sociais, econômicos, de saúde e ambientais (Kurul; Doruk; Topkaya, 2025).

A educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável compartilham um objetivo fundamental de promover a participação cidadã responsável na conformação do futuro tecnocientífico e social (Rodríguez; Pino, 2017; Santos, 2023). Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto em seus antecedentes sociais quanto em suas consequências ambientais e éticas, contrapondo-se à visão tradicional de ciência e tecnologia como atividades autônomas e neutras (Bazzo, 2003). A Agenda 2030, por sua vez, é um plano de ação global que visa erradicar a pobreza e a fome, combater as desigualdades, construir sociedades pacíficas e inclusivas, e proteger o planeta da degradação, especialmente por meio de consumo e produção sustentáveis e ações urgentes sobre a mudança climática (Martins *et al.*, 2024). Neste contexto, a educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis é essencial, sendo que a alfabetização científico-tecnológica, promovida pelo enfoque CTS, capacita os cidadãos a analisar, avaliar e tomar decisões informadas sobre os desafios

tecnocientíficos, o que é crucial para a concretização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Bazzo, 2003). A articulação CTS-Freire, por exemplo, enfatiza a leitura crítica da realidade e a participação social como dimensões interligadas na construção de uma cultura científica (Rodríguez; Pino, 2017).

Dentro dessa sinergia, a abordagem da química verde em sala de aula alinha-se perfeitamente com os princípios dos estudos CTS e os objetivos da Agenda 2030. A química verde, ao focar na redução de produtos químicos perigosos, na minimização da geração de resíduos e no uso eficiente de recursos, contribui diretamente para metas da Agenda 2030, como a gestão ambientalmente saudável de produtos químicos e resíduos (Objetivo 12.4) e a promoção de padrões de produção e consumo sustentáveis (Objetivo 12) (Martins *et al.*, 2024). Integrar a química verde no currículo, sob uma perspectiva CTS, significa ir além do ensino conceitual, promovendo a reflexão crítica sobre problemas reais do entorno dos estudantes, como a poluição e a insustentabilidade gerada pela lógica consumista (Rodríguez; Pino, 2017). Isso desenvolve nos alunos a capacidade de filtrar informações, de questionar a neutralidade da tecnologia e de se posicionar de forma responsável frente ao desenvolvimento tecnocientífico, transformando a sala de aula em um espaço para problematizar a cultura e construir uma nova base de valores. A Figura 1 ilustra a relação entre a química verde, a agenda 2030 e as práticas CTS.

Figura 1 – Sinergia entre os conceitos abordados e impacto na sala de aula



Fonte: Os autores

2 METODOLOGIA

A estratégia metodológica adotada neste estudo baseou-se em uma revisão bibliométrica e análise temática de publicações científicas sobre ensino de Química Verde, estruturada em quatro etapas principais: (i) coleta de dados, (ii) triagem e preparação do corpus, (iii) pré-processamento textual e (iv) modelagem de tópicos. A busca foi realizada na base de dados Scopus em agosto de 2025, utilizando a seguinte string de pesquisa: "green chemistry" + teach*.

O levantamento inicial resultou em 468 documentos. Foram eliminados 26 documentos sem resumo, restando 442 artigos para análise. Para cada documento foram extraídos os seguintes metadados: título, lista de autores, ano de publicação e texto do resumo, constituindo o corpus textual de estudo.

O corpus de resumos foi submetido a um pipeline de Processamento de Linguagem Natural (PLN), seguindo práticas consagradas em mineração de textos (Roberts *et al.*, 2014; Wellman *et al.*, 2023):

- Conversão de todo o texto para letras minúsculas;

- Tokenização em palavras individuais;
- Remoção de *stop words* da língua inglesa;
- Lematização, reduzindo palavras às suas formas canônicas;
- Eliminação de pontuação e caracteres numéricos.

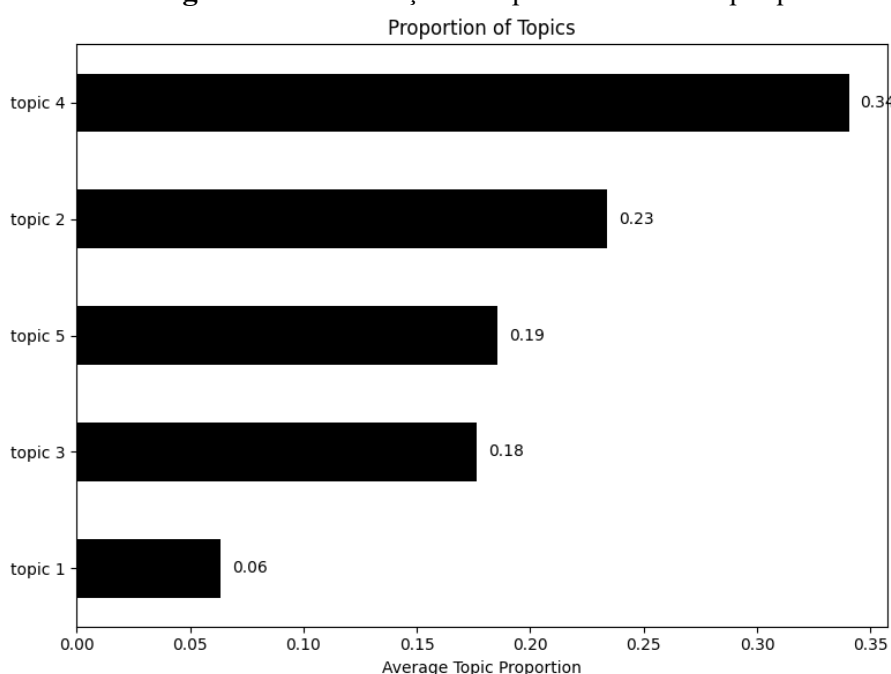
Esse processo assegurou a qualidade e a consistência dos dados para aplicação de técnicas de modelagem probabilística. A análise temática foi realizada por meio da técnica *Latent Dirichlet Allocation* (LDA), um modelo generativo probabilístico voltado à identificação de tópicos latentes em grandes coleções textuais (Blei; Ng; Jordan, 2003). O LDA considera cada documento como uma combinação de tópicos, e cada tópico como uma distribuição de probabilidades sobre palavras.

Para a definição do número ótimo de tópicos (K), foram estimados modelos variando de $K = 5$ a $K = 30$. A avaliação comparativa dos modelos foi conduzida a partir de três critérios principais: métricas de coerência de tópicos (c_v e u_{mass}) (Weston *et al.*, 2023); pontuações de perplexidade, aplicadas tanto ao conjunto de treinamento quanto ao conjunto de validação (Wang *et al.*, 2023) e equilíbrio interpretativo entre granularidade e consistência semântica dos tópicos. A partir desses procedimentos, foi possível extrair uma representação temática robusta sobre a produção científica em ensino de Química Verde.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

A análise temática realizada com base no modelo LDA aplicado ao corpus de 442 resumos resultou na identificação de cinco tópicos principais, que sintetizam as tendências e abordagens mais recorrentes nas pesquisas sobre ensino de Química Verde. Esses tópicos foram interpretados a partir das métricas de maior probabilidade, FREX e Lift, permitindo tanto a captura de termos frequentes quanto de expressões distintivas. A Figura 2 apresenta a proporção de tópicos na literatura pesquisada.

Figura 2 – Distribuição de tópicos na literatura pesquisada.



Fonte: Os autores

Tópico 1 – Consciência ambiental e práticas pedagógicas - O primeiro tópico agrupou termos como *environmental*, *teacher*, *awareness*, *study* e *literacy*, refletindo uma forte ênfase em estratégias educativas voltadas para a conscientização ambiental e o letramento científico. Estudos nesse eixo frequentemente relatam o uso de abordagens ativas (ex.: exercícios de campo, projetos interdisciplinares) em contextos escolares, visando sensibilizar estudantes para a importância da Química Verde na resolução de problemas socioambientais. Esse resultado reforça a conexão direta com o ODS 4 (Educação de qualidade) e com o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), ao promover um ensino voltado à formação cidadã e crítica.

Tópico 2 – Currículos e cursos de sustentabilidade - O segundo tópico destacou termos como *course*, *teacher*, *sustainability*, *school* e *learning*, evidenciando o foco em currículos e programas de ensino que integram Química Verde ao contexto da sustentabilidade. Muitos trabalhos analisados descrevem experiências didáticas em cursos de Ciências e Química, incluindo oficinas e projetos interdisciplinares. Esse tópico conecta-se ao ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura) e ao ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), indicando que a Química Verde está sendo incorporada como eixo estruturante na formação de futuros profissionais.

Tópico 3 – Química Verde no ensino superior e interdisciplinaridade - O terceiro tópico apresentou termos como *sustainable*, *development*, *university*, *system* e *engineering*, sugerindo a predominância de estudos em universidades que discutem a integração da Química Verde em cursos de graduação e pós-graduação. Este eixo reflete uma perspectiva interdisciplinar, articulando conceitos químicos com áreas como engenharia, biotecnologia e ciências ambientais. Os artigos associados a esse tema reforçam a ligação com o ODS 7 (Energia acessível e limpa) e o ODS 17 (Parcerias para a implementação dos objetivos), uma vez que destacam a necessidade de cooperação acadêmica e institucional para consolidar práticas sustentáveis no ensino superior.

Tópico 4 – Experimentos de laboratório e síntese orgânica sustentável - O quarto tópico reuniu termos como *reaction*, *experiment*, *laboratory*, *synthesis* e *organic*, indicando a relevância de atividades experimentais e práticas laboratoriais no ensino de Química Verde. O destaque recai sobre o desenvolvimento de métodos alternativos para síntese orgânica, priorizando rotas menos tóxicas, o uso de solventes verdes e a substituição de reagentes perigosos. Essa vertente contribui diretamente para o ODS 6 (Água potável e saneamento), ao reduzir a geração de resíduos, e para o ODS 12, ao estimular processos químicos mais limpos e economicamente viáveis.

Tópico 5 – Produção de materiais e recursos educacionais - O quinto tópico, composto por termos como *learning*, *study*, *material*, *analysis* e *development*, evidencia a preocupação com a produção de recursos didáticos e metodologias inovadoras para o ensino da Química Verde. Isso inclui desde a elaboração de materiais simplificados e acessíveis até a aplicação de tecnologias digitais para apoiar a aprendizagem ativa. Essa dimensão dialoga com o ODS 4, na medida em que amplia a democratização do conhecimento, e com o ODS 9, ao explorar inovações pedagógicas e tecnológicas aplicadas à educação em química.

Os cinco tópicos identificados revelam que o ensino de Química Verde tem sido construído em torno de três eixos centrais:

- Formação crítica e cidadã (consciência ambiental e sustentabilidade);
- Inovação pedagógica e curricular (inserção em cursos, currículos e metodologias);

- Práticas laboratoriais sustentáveis (experimentação e síntese limpa).

Esses eixos dialogam com múltiplos ODS da ONU, destacando-se os objetivos 4, 6, 9, 12 e 13, e evidenciam que a Química Verde não se limita ao domínio técnico-científico, mas constitui uma ferramenta transformadora para a educação e a sociedade.

O Quadro 1 a seguir sintetiza os cinco tópicos identificados na análise temática sobre o ensino de Química Verde, relacionando-os aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) mais pertinentes e evidenciando seus reflexos nas práticas CTS. Essa organização permite visualizar como a Química Verde, além de propor inovações técnicas e pedagógicas, articula ciência, tecnologia e sociedade na formação de cidadãos críticos, na promoção de currículos sustentáveis, na experimentação responsável e na democratização do conhecimento.

Quadro 1 – Síntese dos tópicos identificados na literatura, sua relação com os ODS e seus reflexos nas práticas CTS.

Tópico Identificado	ODS Relacionados	Reflexos nas Práticas CTS
1. Consciência ambiental e práticas pedagógicas	ODS 4 (Educação de qualidade); ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima)	Favorece o letramento científico e a formação cidadã , aproximando ciência e sociedade. Promove participação democrática e senso crítico sobre impactos ambientais (Bazzo, 2003).
2. Currículos e cursos de sustentabilidade	ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura); ODS 12 (Consumo e produção responsáveis)	Redesenho curricular alinhado ao pensamento crítico e à inovação pedagógica , mostrando como ciência e tecnologia se articulam às demandas sociais e produtivas.
3. Química Verde no ensino superior e interdisciplinaridade	ODS 7 (Energia acessível e limpa); ODS 17 (Parcerias e meios de implementação)	Estimula a interdisciplinaridade e a cooperação institucional , integrando universidades, sociedade e setor produtivo para construir soluções sustentáveis.
4. Experimentos de laboratório e síntese orgânica sustentável	ODS 6 (Água potável e saneamento); ODS 12 (Consumo e produção responsáveis)	Incentiva práticas experimentais com redução de resíduos e substâncias tóxicas , reforçando a ideia CTS de que ciência e tecnologia devem ser avaliadas também por seus impactos sociais e ambientais.
5. Produção de materiais e recursos educacionais	ODS 4 (Educação de qualidade); ODS 9 (Inovação e infraestrutura)	Valoriza a criação de materiais didáticos inovadores e acessíveis , ampliando o alcance social da Química Verde e aproximando a educação científica das necessidades comunitárias.

Fonte: Os autores

O Quadro 1 sintetizou os cinco tópicos centrais identificados na análise, relacionando-os diretamente aos ODS da ONU e destacando seus reflexos nas práticas CTS. Ele evidenciou como o ensino de Química Verde articula dimensões pedagógicas, curriculares, experimentais e sociais, promovendo tanto a sustentabilidade quanto a formação crítica de estudantes, em consonância com os desafios globais da Agenda 2030.

4 CONCLUSÃO

Os resultados da análise confirmam que o ensino de Química Verde, fundamentado na perspectiva CTS, constitui uma abordagem poderosa para integrar conteúdos científicos às questões sociais, ambientais e tecnológicas contemporâneas. Para a prática em sala de aula, isso significa criar oportunidades de aprendizagem que

extrapolam a mera transmissão de conceitos químicos, estimulando estudantes a refletirem sobre os impactos da ciência em suas vidas e na sociedade.

Estratégias como projetos interdisciplinares, experimentos laboratoriais com metodologias sustentáveis, debates orientados por estudos de caso reais e o uso de tecnologias digitais são caminhos concretos para aproximar os conteúdos da realidade dos alunos. Essas práticas favorecem tanto o desenvolvimento do pensamento crítico quanto a internalização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como parte do processo educativo.

Além disso, a análise revelou um aspecto relevante: a perspectiva de gênero nos estudos sobre ensino de Química Verde. Os dados indicam que determinados tópicos — como currículos e sustentabilidade (Tópico 2) — têm maior predominância em produções de autoria masculina, enquanto outros, como experimentos laboratoriais sustentáveis (Tópico 4), aparecem com maior ênfase em trabalhos de autoria feminina. Essa distribuição sugere que há diferentes sensibilidades e enfoques sendo construídos a partir das experiências de pesquisadores e pesquisadoras, enriquecendo o campo com pluralidade de olhares.

Assim, incorporar a dimensão de gênero às reflexões sobre o ensino de Química Verde não apenas amplia a compreensão sobre as práticas educativas, mas também contribui para uma educação científica mais inclusiva, democrática e diversa. Em síntese, a prática pedagógica em Química Verde deve ser entendida como um processo que alia sustentabilidade, criticidade e diversidade, formando cidadãos capazes de intervir de modo consciente nos rumos da sociedade e da ciência.

5 REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. [S. l.]: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2003.

BLEI, D. M.; NG, A. Y.; JORDAN, M. I. Latent dirichlet allocation. **J. Mach. Learn. Res.**, [s. l.], v. 3, n. null, p. 993–1022, 2003.

CHEN, X. *et al.* An analysis of Chinese chemistry curriculum standards based on OECD Education 2030 Curriculum Content Mapping. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 2, 2024.

KRASNODEBSKI, M. An unlikely bifurcation: history of sustainable (but not Green) chemistry. **Foundations of Chemistry**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 463–484, 2023.

KUMAR, A. *et al.* Integrating green nanotechnology with sustainable development goals: a pathway to sustainable innovation. **Discover Sustainability**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 364, 2024.

KURUL, F.; DORUK, B.; TOPKAYA, S. N. Principles of green chemistry: building a sustainable future. **Discover Chemistry**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 68, 2025.

LEE, J.; MARROCCHI, A. Advances in green chemistry and engineering. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 3133, 2024.

MARTINS, A. L. J. *et al.* A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como estratégia para equidade em saúde e territórios sustentáveis e saudáveis. **Saúde em Debate**, [s. l.], v. 48, p. e8828, 2024.

MILADINOVIĆ, S. M. Green analytical chemistry: integrating sustainability into

undergraduate education. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, [s. l.], v. 417, n. 4, p. 665–673, 2025.

O'NEILL, I.; GUI, M. M. Changing focus: making sustainability a major theme in existing university modules. **Discover Sustainability**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 226, 2024.

ROBERTS, M. E. *et al.* Structural Topic Models for Open-Ended Survey Responses. **American Journal of Political Science**, [s. l.], v. 58, n. 4, p. 1064–1082, 2014.

RODRÍGUEZ, A. S. M.; PINO, J. C. D. Abordagem ciência, tecnologia e sociedade (CTS): perspectivas teóricas sobre educação científica e desenvolvimento na América Latina. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 6, n. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/2490>. Acesso em: 27 ago. 2025.

SANTOS, D. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: O MOVIMENTO CTS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA. **Educere - Revista da Educação da UNIPAR**, [s. l.], v. 23, p. 1259–1286, 2023.

WANG, M. *et al.* Investigation of Pre-service Teachers' Conceptions of the Nature of Science Based on the LDA Model. **Science & Education**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 589–615, 2023.

WELLMAN, N. *et al.* Publishing Multimethod Research in AMJ: A Review and Best-Practice Recommendations. **Academy of Management Journal**, [s. l.], v. 66, n. 4, p. 1007–1015, 2023.

WESTON, S. J. *et al.* Selecting the Number and Labels of Topics in Topic Modeling: A Tutorial. **Advances in Methods and Practices in Psychological Science**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 25152459231160105, 2023.