

# VIII ENECIÊNCIAS 2024

## EXPERIMENTAÇÃO, QUÍMICA VERDE E SUSTENTABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE PROFESSORES EM FORMAÇÃO

**Camila Conceição da Cruz**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
cruzcc.profissional@outlook.com

**Juliana Milanez**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
jumilanezufrj@gmail.com

### RESUMO

A pesquisa, que se encontra em desenvolvimento no âmbito do Programa de Pós-graduação em Ensino de Química da UFRJ visa discutir uma alternativa para a inclusão dos princípios da Química Verde (QV), do debate sobre Sustentabilidade e inserção da Educação Ambiental na formação inicial dos Professores de Química. A QV é um campo interdisciplinar da química que se concentra em desenvolver estratégias para processos químicos que sejam ambientalmente seguros, economicamente viáveis e socialmente responsáveis. A pesquisa é do tipo qualitativa e desenvolve análise documental das apostilas das aulas experimentais do curso de Licenciatura em Química do Instituto Multidisciplinar de Química da UFRJ para o levantamento de conteúdos que mantenham relação com os princípios de QV, proposta de adequação das apostilas e inserção da discussão ambiental no curso de formação inicial de professores de Química.

**Palavras-chave:** Ensino de Química; Química Verde; Sustentabilidade; Educação Ambiental; Formação de professores.

### 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa, que se encontra em desenvolvimento no âmbito do Programa de Pós-graduação em Ensino de Química da UFRJ (PEQui - IQ - UFRJ) visa discutir uma alternativa para a

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

inclusão dos princípios da Química Verde (QV), do debate sobre Sustentabilidade e inserção da Educação Ambiental (EA) na formação inicial dos Professores de Química. Para tanto, busca responder à seguinte pergunta: Como os princípios de Química Verde e Sustentabilidade, aliados à experimentação, podem contribuir para a Educação Ambiental de professores de química em formação?

A QV é um campo interdisciplinar da química que se concentra em desenvolver estratégias para processos químicos que sejam ambientalmente seguros, economicamente viáveis e socialmente responsáveis. Possui um leque de abordagens que abrange medidas mitigatórias e suas aplicações são extensas, observando desde matérias-primas até o descarte final de produtos.

Seu desenvolvimento data da década de 1990 a partir do movimento ambientalista estadunidense. A Fig. 1 apresenta uma breve linha do tempo do histórico da implementação da QV no mundo.

De acordo com Anastas e Warner (1998, p.11) *apud* Marcelino (2023) "Química Verde é a utilização de um conjunto de princípios que reduz ou elimina o uso ou a geração de substâncias perigosas na concepção, fabrico e aplicação de produtos químicos". A Tabela 1 apresenta os 12 Princípios da QV propostos por Anastas e Warner em 1998.

Baseando-se nesses princípios, a QV impulsiona vários fatores importantes para a sociedade e o meio ambiente, como a inclusão rigorosa de regulamentação ambiental, preocupação com a sustentabilidade, cobrança pela sociedade no desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos e seguros, conscientização quanto aos desafios ambientais e a necessidade de encontrar soluções sustentáveis.

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

## LINHA DO TEMPO DA QUÍMICA VERDE

ATRAVÉS DO SEU DESENVOLVIMENTO.

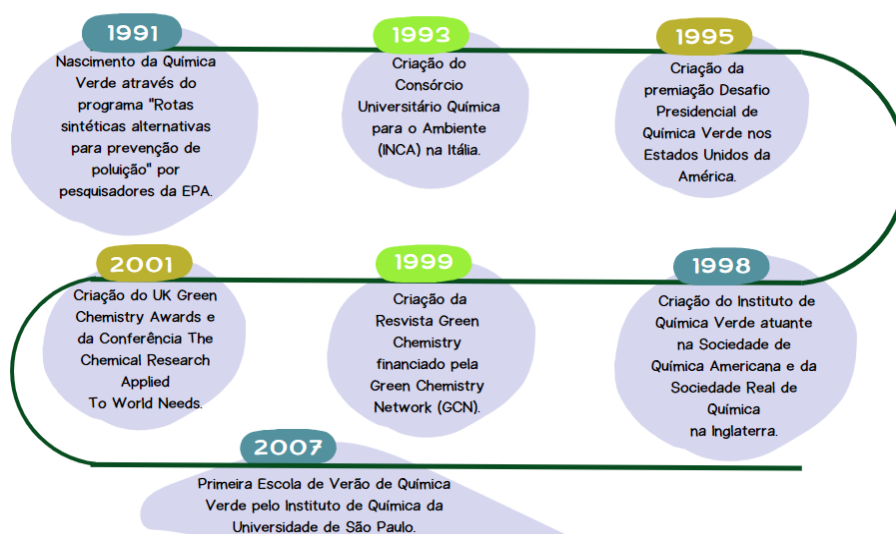


Figura 1: Linha do tempo de desenvolvimento das propostas e princípios da Química.

De acordo com o Compromisso para a Química Verde (GCC, 2020) ao pensar em processos químicos através dos princípios da QV, estamos levando em conta:

- Os materiais a serem utilizados, suas aplicabilidades do início ao fim, assim como possíveis danos gerados;
- A matéria-prima, desde como foram feitas até as consequências da sua produção e utilização;
- O descarte de todo material gerado do início ao fim do processo químico realizado e como evitar graves interferências ambientais.

Realização:



Apoio:



# VIII ENENCIÊNCIAS 2024

Tabela 1: Os 12 Princípios da Química Verde e suas justificativas.

Princípio	Justificativa
Prevenção	É melhor prevenir a formação de resíduos do que tratá-los posteriormente.
Economia Atômica	Os métodos sintéticos devem ser desenvolvidos para maximizar a incorporação dos átomos dos reagentes nos produtos desejados
Sínteses com Reagentes de Menor Toxicidade	Sempre que possível, as metodologias sintéticas devem ser projetadas para usar e gerar substância que possua pouca ou nenhuma toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente.
Desenvolvimento de Compostos Seguros	Os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível.
Diminuição de Solventes e Auxiliares	A utilização de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação etc.) deverão ser evitadas quando possível, dando preferência ao uso de substâncias inócuas no processo.
Eficiência Energética	Os métodos sintéticos devem ser conduzidos sempre que possível à pressão e temperatura ambientes, diminuindo seu impacto econômico e ambiental.
Uso de Matéria-Prima renovável	Sempre que possível utilizar matéria-prima renovável. O uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias.
Redução do uso de derivados	Uso de reagentes bloqueadores, de proteção ou desproteção e modificadores temporários deverão ser minimizados ou evitados quando possível, pois estes passos racionais requerem reagentes adicionais e, conseqüentemente, podem produzir subprodutos indesejáveis.
Catálise	Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores aos reagentes estequiométricos.

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Desenvolvimento de Compostos Degradáveis	Produtos químicos deverão ser desenvolvidos para a degradação inócua de produtos tóxicos, não persistindo no ambiente.
Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição	As metodologias analíticas precisam ser desenvolvidas para permitirem o monitoramento do processo em tempo real, para controlar a formação de compostos tóxicos.
Química Segura para a prevenção de acidentes	As substâncias usadas nos processos químicos deverão ser escolhidas para minimizar acidentes em potencial, tais como explosões e incêndios.

Portanto, a QV se apresenta como uma ferramenta para práticas de desenvolvimento sustentáveis. A definição de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 a partir da apresentação do relatório “Nosso Futuro Comum” desenvolvido Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental<sup>1</sup>.

De acordo com a definição apresentada, o desenvolvimento sustentável é aquele que procura satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades. Se relaciona com três dimensões: a econômica, a social e a ambiental.

Para ser alcançado, o desenvolvimento sustentável depende do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e preconiza qualidade em vez de quantidade, com a redução do uso de matérias-primas e produtos e o aumento da reutilização e da reciclagem (WWF-Brasil).

<sup>1</sup> Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

A partir dessa compreensão de QV e sustentabilidade, bem como da compreensão de que ambas podem ser inseridas no percurso formativo de estudantes na perspectiva de contribuir para etapas de implementação de Educação Ambiental (EA) nos cursos de formação inicial de professores, que essa pesquisa vem se desenvolvendo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Metodologicamente, essa pesquisa se caracteriza como qualitativa do tipo exploratória. Com o intuito de introduzir a QV e avaliar a importância da problematização de questões ambientais na formação inicial e profissionalização dos professores de química, promoveu-se a análise documental das apostilas das aulas experimentais do curso de Licenciatura em Química do Instituto Multidisciplinar de Química (IMQ) do Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé (CM UFRJ-Macaé) para o levantamento de temas ou conteúdos abordados nas aulas experimentais que mantenham relação com os conceitos e princípios de QV.

O curso de Licenciatura em Química do IMQ, conta atualmente com nove disciplinas experimentais das áreas específicas de Química. São elas: Introdução ao Laboratório de Química, Química Geral Experimental II, Química Inorgânica Experimental I e II, Química Orgânica Experimental I e II, Química Analítica Qualitativa Experimental, Química Analítica Quantitativa Experimental e Bioquímica Experimental. Ao todo foram disponibilizadas 11 apostilas que são atualmente utilizadas nessas disciplinas.

A sistematização da análise dos experimentos propostos nas apostilas tem se dado a partir de confecção de uma tabela contendo em uma coluna os 12 Princípios da QV, numa segunda coluna a indicação objetiva de que o princípio é ou não praticado ou seguido naquela aula experimental específica, e por fim, uma coluna contendo uma explicação ou justificativa da

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

indicação anterior. A análise é comparativa, ou seja, estabelece-se uma comparação entre o que é apresentado e proposto no experimento - seus reagentes, métodos, técnicas, reações - com a Tab. 1 contendo os 12 Princípios da QV e sua justificativa. Um protótipo é observado na Tab. 2 abaixo.

Tabela 2: Protótipo da tabela utilizada para análise das aulas práticas de Química

Princípio QV	A prática atende ao princípio	Justificativa se sim ou não
Prevenção	Sim	Experimento elaborado principalmente com um ácido forte uma base forte - HCl e NaOH - que ao final, são neutralizados pela própria reação: $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Todos os átomos são consumidos com 100% de aproveitamento.

## 3 RESULTADOS INICIAIS

Apresentamos o trabalho de pré análise da apostila das aulas experimentais da disciplina de Química Geral Experimental II (QGE II). Para apresentação do trabalho em tela foram selecionados os dados alcançados a partir dos roteiros das duas primeiras aulas da apostila: Prática 1: Preparo de solução, titulação e padronização, e, Prática 2: Soluções.

### 3.1 Caracterização da Apostila de QGE II

A apostila de QGE II apresenta 32 páginas e contém dez roteiros de aulas práticas. Entre a página 1 e página 6 ela apresenta os seguintes itens de orientação aos estudantes: Capa, Apresentação, Segurança em Laboratório, Caderno de Laboratório, Relatórios.

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Da página 7 até a página 32 a apostila apresenta os dez roteiros para as aulas práticas, a saber: Prática 1: Preparo de soluções, titulação e padronização, Prática 2. Soluções, Prática 3. Cristalização fracionada, Prática 4. Sistemas coloidais, Prática 5. Calor de reação, Prática 6. Cinética química, Prática 7. Equilíbrio químico, Prática 8. Reatividade dos metais, Prática 9. Reações de oxirredução, e, Prática 10. Eletrólise. Todos os roteiros apresentam os itens Introdução, Objetivos e Parte Experimental.

### 3.1.1 Análise dos roteiros à luz dos princípios de QV

A Tab. 3 apresenta a análise do roteiro destinado à Prática 1 - Preparo de soluções, titulação e padronização, à luz dos princípios de QV apresentados na Tab. 1.

Tabela 3: Análise do roteiro da Prática 1 - Preparo de soluções, titulação e padronização

Princípio da QV	A prática atende ao princípio	Justificativa se sim ou não
Prevenção	Sim	Experimento elaborado principalmente com dois reagentes simples - HCl e NaOH - que ao final, são neutralizados pela própria reação: $\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Todos os átomos são consumidos com 100% de aproveitamento.
Economia Atômica	Não se aplica	
Sínteses com Reagentes de Menor Toxicidade	Não	Uso do biftalato de potássio ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{COOKCOOH}$ ) - perigo de contaminação se descartado incorretamente.

Realização:



**UFRJ**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



**CF  
CG** Centro  
de Formação  
Professora  
Carolina Garcia

Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Desenvolvimento de Compostos Seguros	Sim	A quantidade de reagente por grupo é pequena e a substância estará diluída em água.
Diminuição de Solventes e Auxiliares	Não se aplica	
Eficiência Energética	Não	Ao final do processo, para um descarte seguro do Biftalato de Potássio, é necessário deixá-lo entre 1h~2h na mufla para secagem.
Uso de Matéria-Prima renovável	Não se aplica	
Redução do uso de derivados	Não se aplica	
Catálise	Não se aplica	
Desenvolvimento de Compostos Degradáveis	Não	Uso do Biftalato de Potássio - perigo de contaminação se descartado incorretamente.
Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição	Sim	Neste caso, foram utilizados reagentes que se neutralizam na própria reação ou geram sais comuns.)
Química Segura para a prevenção de acidentes	Sim	Mesmo existindo risco baixo de fogo e/ou incêndio no manuseio do biftalato de potássio, no experimento ele é diluído antes do seu uso na titulação.

A Tab. 4 apresenta a análise do roteiro destinado à Prática 2 - Soluções. Após análise do roteiro da Prática 2: Soluções à luz dos 12 Princípios da QV, pode-se concluir que mesmo utilizando pequenas quantidades de reagentes, ainda é possível sugerir alterações para que

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

este roteiro se torne mais ajustado aos Princípios de QV e menos nocivo ao meio ambiente e a comunidade acadêmica.

Tabela 4: Análise do roteiro da Prática 1 - Preparo de soluções, titulação e padronização

Princípio da QV	A prática atende ao princípio	Justificativa
Prevenção	Não	A formação de cristais de sal é o objetivo da prática, apenas para sua observação. Não é prevista sua reutilização.
Economia Atômica	Não se aplica	
Sínteses com Reagentes de Menor Toxicidade	Sim	Apesar da prática ter sido desenvolvida com reagente que apresentam alguma toxicidade, estes são utilizados em baixas quantidades (gotas de ácido e apenas 1mL solução de brometo) que ainda foram diluídos em 15mL de água.
Desenvolvimento de Compostos Seguros	Sim	Para este experimento, foi utilizado: NaCl (um sal comum), água, gotas de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), acetato de sódio anidro ( $CH_3COONa$ ), cloreto de amônio ( $NH_4Cl$ ), nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) e acetato de cálcio ( $Ca(CH_3COO)_2$ ), todos diluídos em água, solução de iodo e bromo (apesar de existir perigo no seu manejo, a quantidade utilizada é pouca, o que não causa perigo excessivo durante a experimentação), etanol e éter de petróleo.
Diminuição de Solventes e Auxiliares	Sim	Na reação com a solução de iodo é utilizado o éter de petróleo que é um solvente, porém sua utilização é mínima, apenas 1mL

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Eficiência Energética	Não	O processo é demorado e utiliza materiais como bico de Bunsen e estufa, para acelerar o processo.
Uso de Matéria-Prima renovável	Não se aplica	
Redução do uso de derivados	Sim	As substâncias utilizadas em todo o processo são facilmente tratadas e em quantidades mínimas, facilitando o processo.
Catálise	Não	Não houve reagentes catalisadores, apenas calor como catalisador neste processo.
Desenvolvimento de Compostos Degradáveis	Sim	As substâncias utilizadas nesta prática são diluídas em água, o que facilita a eliminação inofensiva delas.
Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição	Sim	O processo realizado permite que todos os reagentes utilizados sejam neutralizados ao final, facilitando desta forma seu manejo e descarte seguro.
Química Segura para a prevenção de acidentes	Sim	As substâncias utilizadas nesses experimentos, em sua maioria, são dissolvidas em água, e a quantidade de ácido utilizada é mínima e neutralizada ao final do processo

Nesse primeira análise sugere-se as seguintes modificações:

- Reaproveitamento dos cristais de sal gerados no experimento I;
- Substituição do Acetato de Cálcio por farelo de casca de ovo;
- Substituição do Nitrato de Potássio por salitre potássico
- Substituição do éter de petróleo por etanol.

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Além disso, pode-se inserir na apostila como um todo ou nos roteiros os principais conceitos de QV ou seus princípios conectados à prática que está sendo realizada, contribuindo teoricamente com a inserção da QV na formação dos professores.

O trabalho apresentado traz um recorte da pesquisa que vem sendo desenvolvida no PEQui – UFRJ. Todas as apostilas das aulas experimentais de Química do curso de Licenciatura em Química estão sendo analisadas à luz dos Princípios de desenvolvimento da QV. Após esse etapa de análise documental das apostilas, são planejadas as seguintes ações: Planejamento e proposição de aulas experimentais com base nos princípios da QV, Sustentabilidade e Educação Ambiental; Avaliação da viabilidade e da eficiência da proposta no processo de ensino aprendizagem de química; elaboração de material na forma de produto educacional com os experimentos desenvolvidos e com os principais resultados da pesquisa.

## 4 CONSIDERAÇÕES

Atualmente vivemos uma crise ambiental marcada pela degradação socioambiental fruto do paradigma que orienta a relação do ser humano e natureza. Na atual crise ambiental a educação é vista como um dos processos pelo qual há a possibilidade de mudança paradigmática.

O histórico de políticas públicas de Educação Ambiental (EA) no Brasil tem seu início na década de 70 com a fundação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema), a qual tinha como uma de suas atribuições “o esclarecimento e a educação do povo brasileiro para o uso adequado dos recursos naturais, tendo em vista a conservação do meio ambiente” (BRASIL, 2014).

A Lei 6938 de 1981 estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente que tem como um de seus princípios “educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente” (BRASIL, 1981).

As Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio definem no artigo Art. 10, inciso II que a Educação Ambiental deve ser tratada se forma transversal e permeando todo o currículo, de acordo com a Lei nº 9.795/99. (BRASIL, 2012).

O Art. 16 do Decreto nº 2 de julho de 2012 estabelece que:

A inserção dos conhecimentos concernentes à Educação Ambiental nos currículos da Educação Básica e Educação Superior pode ocorrer:

I -Pela transversalidade, mediante temas relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade socioambiental;

II - Como conteúdo dos componentes já constantes do currículo;

III - Pela combinação de transversalidade e de tratamento nos componentes curriculares (BRASIL, 2012, p.5).

Observa-se, portanto, que há instrumentos legais e regulatórios para a inserção da EA em todos os níveis de formação no país, e que são facultadas as formas de inserção da EA na formação dos sujeitos, inclusive mediante temas relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade, tal qual observado no Art.16, inciso III do Decreto nº 2 de 2012 (BRASIL, 2012).

Marques et al. (2020) apud Marcelino e Marques (2023) mostram uma tendência de crescimento em pesquisas sobre ensino da QV, especialmente na educação superior. Pesquisas têm demonstrado a predominância de propostas de ensino e relatos de experiência de ensino de QV por meio de atividades práticas de laboratório, geralmente pela substituição de experimentos tradicionais no currículo por suas variantes verdes.

Realização:



Apoio:



# VIII ENECIÊNCIAS 2024

Nesse sentido, é que a pesquisa se apoia na possibilidade de que as questões socioambientais, e a inserção da EA possam também ser trabalhadas a partir concretização de práticas que contribuam para a formação de docentes atualizados em

## REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. New York, N.Y: Oxford University Press, 1998.

BRASIL. Lei n. 6938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 set. 1981.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 2, de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da união, Brasília, DF, 30 de jan 2012.

\_\_\_\_\_. Programa Nacional de Educação Ambiental. 4. Ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação, 2014.

MARCELINO, L. V.; MARQUES, C. A. A pesquisa em Ensino de Química Verde: temas e tipologias de estudos. Rev. Educ. Ciên. e Mat. v.19, n. 42, 2023. p. 232-254.

MARQUES, C. A. et al. Green Chemistry Teaching for Sustainability in Papers Published by the Journal of Chemical Education. Química Nova, v. 43, n. 10, p. 1510–1521, 2020.

Realização:



Apoio:

