



## Educação Ambiental nos cursos de Química da UFPel através da Química Verde

**Raquel G. Jacob, Márcio S. Silva, Daniela Hartwig e Eder J. Lenardão**



Neste artigo é apresentado um breve relato sobre a inclusão e a evolução da Educação Ambiental nos currículos dos cursos de Bacharelado em Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tendo como base a Química Verde e Sustentável. A partir do texto, pode-se evidenciar que a evolução desses cursos se deu não somente pela inclusão de disciplinas voltadas para a Educação Ambiental, mas também pela aplicação desse conceito em atividades de pesquisa e, mais recentemente, pela prática extensionista.

► química verde, educação ambiental, currículo ◀

Recebido em 28/11/2021, aceito em 17/03/2022

173

O ensino de ciências tem se transformado ao longo dos anos, oscilando entre diferentes perspectivas e modelos, acompanhando o desenvolvimento da sociedade. Nesse contexto, podemos perceber diferenças significativas no que se refere tanto ao que é ensinado quanto aos objetivos que pretendem ser atingidos com o objeto de ensino. A necessidade atual compreende a formação de profissionais capazes de atuar coletivamente para enfrentar os desafios e resolver os problemas da sociedade contemporânea (Salgado *et al.*, 2019), que anseia por ações que levem ao desenvolvimento sustentável em todo o planeta.

Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade podem ser definidos de diversas formas. No presente artigo usaremos como fundamentação o Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Relatório de Brundtland, chamado *Nosso Futuro Comum*). A definição mais aceita para desenvolvimento sustentável consiste em atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (UN, 1987).

De acordo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), espera-se:

*Construir ao redor do mundo um conjunto de ações que possam ser responsáveis pela extinção da pobreza, auxiliar na proteção do meio ambiente e na manutenção do clima, permitindo que as pessoas possam vislumbrar tranquilidade e prosperidade em todas as localidades (Organização das Nações Unidas - Brasil, 2021).*

[...] apresentaremos aqui um breve relato sobre a inclusão e a evolução da Educação Ambiental nos currículos dos cursos de Bacharelado em Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), tendo como base a Química Verde e Sustentável.

Nesse sentido, entendemos que uma das principais ferramentas para responder a esse desafio é a partir da Educação Ambiental,

a qual tenha por objetivo a formação de profissionais críticos, altamente qualificados, e que saibam usar o conhecimento adquirido para auxiliar na resolução dos problemas vivenciados.

Nesse contexto, apresentaremos aqui um breve relato sobre a inclusão e a evolução da Educação Ambiental nos currículos dos cursos de Bacharelado em Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química da

Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), tendo como base a Química Verde e Sustentável.

## A Indústria Química e o Meio Ambiente

A Indústria Química do século XX se desenvolveu utilizando o petróleo, o carvão e o gás natural como fontes de matéria-prima orgânica e de energia, sem se preocupar com a sustentabilidade. O foco era a produção, o controle da poluição e dos resíduos industriais e a prevenção de acidentes (ABIQUIM, 2012). Entretanto, a conferência Rio-92 trouxe um enorme desafio para a química, pois deixou claro que, embora os produtos químicos sejam essenciais para alcançar objetivos sociais e econômicos a nível mundial, era necessário reduzir a produção de resíduos tóxicos ao invés de tratá-los ao final da linha de produção. Para tanto, era necessário utilizar os princípios do desenvolvimento sustentável para trazer benefícios à qualidade da vida humana (Agenda 21, Cap. 19).

No Brasil, por iniciativa da ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química, foi criado em 1992 o Programa *Atuação Responsável*, marca registrada da ABIQUIM. Nessa iniciativa, o setor químico brasileiro, de forma voluntária, se comprometeu a realizar ações contínuas para minimizar os efeitos nocivos da atividade química à saúde, à segurança e ao meio ambiente (ABIQUIM, 1992). A importância da segurança dos produtos foi reforçada em 2002, durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), promovida pela ONU em Johannesburgo (ABIQUIM, 2012).

Assim, para que a indústria química do século XXI alcance o desenvolvimento sustentável é preciso haver um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, o respeito ao meio ambiente e o desenvolvimento humano. Portanto, a aplicação dos princípios da Química Verde se tornou imprescindível para este setor industrial.

Durante os anos 1990, o conceito de Química Verde começou a ser difundido pelo mundo (Linthorst, 2009). A grande popularização ocorreu a partir de 1996, quando foi definida por Anastas e Warner como sendo uma filosofia contendo 12 princípios, caracterizada como “uma nova abordagem para a síntese, o processamento e o uso de produtos químicos que reduza os riscos para os seres humanos e o meio ambiente, além de ser economicamente e tecnologicamente viável” (Anastas & Williamson, 1996; Anastas & Warner, 1998). De acordo com essa filosofia, há um novo direcionamento no que se refere à redução do impacto das atividades químicas ao meio ambiente, no qual a preocupação não está mais restrita ao tratamento dos resíduos gerados, mas sim em como minimizar a sua produção (Lenardão *et al.*, 2003). Nesse contexto, para que se tenha profissionais conscientes e aptos a atuar

[...] para que a indústria química do século XXI alcance o desenvolvimento sustentável é preciso haver um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, o respeito ao meio ambiente e o desenvolvimento humano. Portanto, a aplicação dos princípios da Química Verde se tornou imprescindível para este setor industrial.

de acordo com essa filosofia, é de grande relevância que a Química Verde seja incluída no currículo de formação dos futuros profissionais da área da química, permitindo uma ampliação dos tópicos que podem ser explorados no contexto da Educação Ambiental.

No Brasil, a questão ambiental é tratada no Art. 225 do Capítulo VI da Constituição Federal (CF/1988), o qual determina que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988). Para assegurar a efetividade desse direito, determina o § 1º, inciso VI do mesmo artigo que cabe ao poder público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e realizar a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Há na literatura relatos da introdução dos princípios da química verde em disciplinas do ensino superior voltada aos cursos de química (Nardotto e Bernadelli, 2019; Andrade e Zuin, 2021). O artigo de Nardotto e Bernadelli (2019) traz uma revisão dos artigos publicados entre 2002 e 2018 e mostra que, àquela época, havia ainda pouca inserção dos princípios de química verde no ensino e nas estratégias de aprendizagem no Brasil. Esse quadro vem mudando ao longo dos anos, embora, como sinalizado por Andrade e Zuin (2021), ainda haja um caminho a ser percorrido que permita uma abordagem transversal do tema Química Verde na maioria dos currículos de formação de professores e profissionais de química, envolvendo aspectos teóricos e experimentais que levarão a uma alfabetização científica necessária para alcançar o desenvolvimento sustentável.

## Educação Ambiental e o Ensino de Química na UFPeL

No ensino superior, assim como no ensino fundamental e médio, a Educação Ambiental foi instituída pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB (nº. 9.394/1996). A Lei nº 9.795/1999 foi regulamentada pelo Decreto nº 4.281/2002, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) como componente essencial e permanente da educação nacional em todos os níveis e modalidades do processo educativo. Essa mesma lei, no §1º de seu Art. 10, orienta que “A Educação Ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino” (Brasil, 1996).

Entretanto, houve uma tendência das Instituições de Ensino Superior (IES) em inserir a Educação Ambiental nos currículos dos cursos de Química apenas através de disciplinas de Química Ambiental (Zuin *et al.*, 2009).

Dentro desse contexto, o Curso de Bacharelado e Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal

de Pelotas (UFPEL), criado em 1997, seguia essa tendência e continha em seu currículo as disciplinas de *Química Ambiental I e II*. Conforme mostrado a seguir, mesmo já tendo sido abordada no Art. 225 do Capítulo VI da CF/1988, a sustentabilidade não era o foco dessas disciplinas, que apenas davam ciência sobre as fontes de poluição e seus efeitos no meio ambiente:

**Química Ambiental I:** “Oportunizar aos alunos discutir a respeito das principais fontes de poluição e seus efeitos, dos aspectos toxicológicos dos compostos químicos e da legislação pertinente aos resíduos e produtos químicos.”

**Química Ambiental II:** “Oportunizar aos alunos discutir temas como qualidade e poluição da água, tratamento de águas residuais e de esgotos, metais pesados e mineração e meio ambiente.”

Nos anos 2000, com o interesse das empresas e do meio acadêmico em alcançar uma química sustentável, era necessário investir na formação de profissionais capazes de propor soluções aos desafios impostos à química no século XXI.

De acordo com a OECD, como campo da ciência, a *química sustentável* busca aumentar a eficiência com a qual os recursos naturais são utilizados para atender às necessidades humanas por produtos químicos e serviços. Ela engloba o planejamento (cenário), a produção e a utilização de produtos e processos químicos mais eficientes, seguros e benignos ao ambiente (OECD, 2021).

Essa visão representou uma mudança de paradigma na forma de inserir a Educação Ambiental nos cursos de Química da UFPEL. Portanto, ao mesmo tempo em que se iniciou a divulgação da Química Verde e de seus doze princípios (Lenardão *et al.*, 2003), na UFPEL se iniciou a discussão sobre a introdução desse tema nos currículos existentes e, posteriormente, na criação de novos cursos, com o perfil voltado para a sustentabilidade.

### **Química Verde na graduação articulada com a pesquisa e a extensão**

Em 2002, foi criado o site WWVerde – a página de divulgação da Química Verde no Brasil, institucionalizado como um projeto de extensão e vinculado a docentes do Laboratório de Síntese Orgânica Limpa (LASOL), da UFPEL. Esse projeto, ainda vigente, permite a participação de alunos de graduação que atualizam o site com novidades sobre a Química Verde. A partir desse projeto de extensão, os discentes dos cursos de Química da UFPEL começaram a ter conhecimento sobre os princípios da Química Verde.

Dois anos depois, foi criada a disciplina eletiva *Introdução à Química Verde* (código150059) para o curso de Bacharelado e Licenciatura Plena em Química da UFPEL, sendo ofertada pela primeira vez no segundo semestre de

2004. Iniciava-se então, ainda que timidamente, a primeira articulação entre ensino e extensão para o ensino de química sustentável. Essa disciplina tinha como um dos objetivos difundir a filosofia da Química Verde na formação dos alunos de graduação: [o egresso deve] “ter a capacidade de detectar e propor soluções para problemas relacionados a processos que utilizam ou geram substâncias danosas ao ambiente; entender os conceitos básicos da nova filosofia da Química Verde e seus princípios.”

Com a separação dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química em 2005, o novo currículo do Curso de Bacharelado em Química tinha como objetivo “a formação de profissionais com sólida formação nas diferentes áreas da química, além de conhecimento em técnicas de defesa do ambiente.” Nessa reformulação, buscou-se introduzir nos novos currículos a visão da sustentabilidade como base para a Educação Ambiental, mas essa temática continuou a ser abordada através das disciplinas obrigatórias de *Química Ambiental I e II*, permanecendo a disciplina *Introdução à Química Verde* como eletiva. Entretanto, essa discussão foi fundamental para trazer à pauta as várias formas de se abordar as mudanças na Educação Ambiental dos cursos de graduação, colocando

a Química Verde no papel central dessa nova abordagem.

Paralelamente, alguns grupos de pesquisa da área de Química Orgânica da UFPEL começaram a aplicar os princípios da Química Verde no desenvolvimento de suas pesquisas. O Grupo de Pesquisa LASOL (Laboratório de Síntese Orgânica Limpa), criado em 2003, foi um dos pioneiros na aplicação dos princípios da Química Verde em síntese orgânica no Brasil. Através da pesquisa para o desenvolvimento de metodologias mais limpas para a preparação de compostos organocalcogênicos e o uso de matéria-prima de fontes renováveis, o LASOL teve um papel importante para consolidar o ensino da Química Verde nos cursos de Química da UFPEL através da pesquisa, uma vez que os alunos da graduação estavam envolvidos nos projetos de Iniciação Científica e interagindo com os alunos da pós-graduação que desenvolviam suas dissertações de Mestrado no grupo.

Esse envolvimento mostrou como a Educação Ambiental nos cursos de graduação e pós-graduação em Química da UFPEL estava ocorrendo de forma articulada entre ensino, pesquisa e extensão, onde um eixo estimulava o outro. Mas, para um ensino adequado, ainda faltava a aplicação de forma contínua e transversal ao longo dos currículos dos cursos.

### **O REUNI e a possibilidade da Educação Ambiental com base na Química Verde**

Em 2007, com a participação da UFPEL no Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI (Brasil, 2007), surgiu a

Nos anos 2000, com o interesse das empresas e do meio acadêmico em alcançar uma química sustentável, era necessário investir na formação de profissionais capazes de propor soluções aos desafios impostos à química no século XXI.

oportunidade de criar o curso de Bacharelado em Química Industrial, com a formação voltada para o desenvolvimento industrial da Metade Sul do RS, tendo como base a sustentabilidade.

Assim, a criação do Curso de Química Industrial apresentava relevância social para a região. Porém, era necessário um currículo diferenciado, que formasse um profissional para atuar na Indústria Química com a capacidade de ser um agente do desenvolvimento econômico regional, mas ao mesmo tempo atuar como crítico das ações desses setores quanto à preservação ambiental e ser responsável pelo controle de qualidade dos serviços necessários ao bem-estar da população.

O currículo do curso seguiu as orientações do REUNI, tendo um perfil generalista, com carga horária mínima e flexível. O primeiro ingresso do curso ocorreu no segundo semestre de 2008. A proposta inicial do currículo tinha como objetivo geral preparar “bacharéis em Química Industrial qualificados para atuar nos mais variados campos da Indústria Química e correlatas, com ênfase na aplicação da Biotecnologia, da Agroindústria e dos Recursos Renováveis, bem como para a pesquisa e o desenvolvimento nestas áreas e nas diversas áreas da Química.”

Essa proposta curricular inicial trazia a disciplina *Química Ambiental e Sustentável* como responsável pelo estudo da química ambiental vinculada à química sustentável. Mas as questões ambientais e sustentáveis deveriam ser abordadas de forma transversal ao longo de todos os núcleos formativos: Núcleo de Formação Específica (NFE), Núcleo de Formação Complementar (NFC) e Núcleo de Formação Livre (NFL).

A sustentabilidade seria abordada com mais profundidade em disciplinas como: *Tecnologia de Bioprocessos Industriais*, *Tecnologia de Processos Orgânicos*, *Tecnologia de Processos Inorgânicos* e *Tratamento de Água e Resíduos Industriais*.

O Núcleo de Formação Livre (NFL), responsável pela flexibilidade curricular, continha cerca de 10% da carga horária total do curso, e era constituído basicamente por disciplinas optativas de escolha livre (OEL) e disciplinas optativas de escolha restrita (OER), além de Atividades Extraclasse.

As disciplinas OER visavam complementar a formação voltada para a sustentabilidade, mas com itinerários acadêmico-formativos distintos, *Agroindústria e Energias Renováveis* ou *Biotecnologia*. O discente poderia optar entre esses dois grupos de formação de acordo com seus interesses de atuação profissional, conforme mostrado no Quadro 1.

Entretanto, em 2010, em atendimento às diretrizes da Pró-Reitoria de Graduação da UFPel, todos os cursos de graduação tiveram que adequar seus Projetos Pedagógicos para que o NFL contemplasse de 10% a 20% da carga

Quadro 1. Componentes OER do Curso de Bacharelado em Química Industrial.

Componentes Curriculares Optativos de Escolha Restrita		
Grupo de Formação I: Agroindústria e Energias Renováveis		
Unidade	Disciplina	T-E-P
DCTA/FAEM	Tecnologia Agoindustrial	3-0-0
DQAI/IQG	Tecnologia das Energias Renováveis	2-0-1
DQAI/IQG	Impacto Ambiental na Geração de Energia	2-0-0
Grupo de Formação II: Biotecnologia		
Unidade	Disciplina	T-E-P
DQAI/IQG	Tecnologia Bioinorgânica	2-0-0
DQAI/IQG	Tecnologia Bioorgânica	3-0-0
CENBIOT	Biotecnologia Ambiental	3-0-0

T = créditos teóricos; E = créditos em exercícios; P = créditos em aulas práticas.

horária total do curso, que não poderia conter disciplinas e sim outras atividades de livre escolha do discente (Brito, 2008). Portanto, os cursos de Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química tiveram que se adequar a essas recomendações.

O curso de Química Industrial acabou sofrendo maiores mudanças por meio das novas diretrizes, implicando na necessidade de remover os grupos de disciplinas que compunham as OER e redistribuí-los na grade curricular, sem gerar um aumento expressivo

na carga horária.

Com essa reformulação, o curso de Química Industrial passou a ter como objetivo geral a formação baseada nos princípios da Química Sustentável, com ênfase na biotecnologia e nos recursos renováveis:

*O Curso de Química Industrial visa preparar, a partir de um currículo moderno, generalista, com carga horária mínima e flexível, bacharéis em Química Industrial, qualificados para atuar nos mais variados campos da Indústria Química e correlatas, com uma formação baseada nos princípios da Química Sustentável e com ênfase na aplicação da Biotecnologia e dos Recursos Renováveis, bem como para a pesquisa e o desenvolvimento nestas áreas e nas diversas áreas da Química.*

Dentro desse novo perfil formativo, a Iniciação Científica foi introduzida para contabilizar carga horária para a Formação Livre, além de se tornar uma opção para o Estágio

**Essa proposta curricular inicial trazia a disciplina Química Ambiental e Sustentável como responsável pelo estudo da química ambiental vinculada à química sustentável. Mas as questões ambientais e sustentáveis deveriam ser abordadas de forma transversal ao longo de todos os núcleos formativos: Núcleo de Formação Específica (NFE), Núcleo de Formação Complementar (NFC) e Núcleo de Formação Livre (NFL).**

Supervisionado obrigatório. Dessa forma, os discentes poderiam, se assim desejassem, buscar a complementação da formação em sustentabilidade, através da participação nos grupos de pesquisa da UFPel que trabalhavam com os princípios de Química Verde como base para suas pesquisas.

A disciplina *Química Ambiental e Sustentável* foi desmembrada e substituída por duas disciplinas obrigatórias: *Química Verde* (antiga *Introdução à Química Verde*) e *Química Ambiental*, que se tornaram obrigatórias para os três cursos (Industrial, Bacharelado e Licenciatura). Como os cursos têm um único ingresso por ano, sendo a Licenciatura e o Bacharelado no primeiro semestre e a Química Industrial no segundo semestre, essas disciplinas são ofertadas todos os semestres, ou seja, duas vezes ao ano.

Nessa nova abordagem, a disciplina de *Química Verde* passou a constituir a base para a inserção da Educação Ambiental de forma transversal nos demais componentes curriculares dos cursos. Nessa disciplina são abordados o contexto histórico da Química Verde, os doze princípios, as métricas mais utilizadas e exemplos da Química Verde em ação. As atividades avaliativas envolvem resolução de exercícios, elaboração de textos sobre desenvolvimento sustentável e sobre os princípios da química e da engenharia verde. Ao final do curso, os estudantes preparam um artigo e apresentam um breve seminário (máximo de 10 minutos) destacando um dos premiados do “Prêmio Presidencial Desafio da Química Verde”, instituído em 1996 pelo governo dos EUA, em conjunto com a USA-EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e a *American Chemical Society* (ACS) (EPA, 1996). Os alunos escolhem o tema no início do semestre, no site da EPA e o texto é desenvolvido ao longo do curso.

Na nova disciplina *Química Ambiental*, embora sejam abordados os tópicos tradicionais, também são vistos conceitos instituídos pela Química Verde, como a necessidade do desenvolvimento de novos processos que sejam ambientalmente mais adequados, considerando a necessidade de minimizar os resíduos antes de serem produzidos ou, ainda, de reutilizar esses resíduos em outras áreas da indústria, mudando um pouco a concepção de apenas tratar os efluentes gerados a partir dos processos tradicionais. Assim, o objetivo geral dessa nova disciplina passou a ser descrito como:

*Propiciar aos alunos conhecimentos sobre os compartimentos ambientais – ar, solo e água – do ponto de vista químico e ambiental, permitindo a reflexão e o questionamento a respeito das diversas formas de interação do homem com o meio ambiente e o gerenciamento de resíduos oriundos de diversas fontes, buscando desenvolver uma consciência crítica*

*sobre seu papel como futuro profissional inserido na sociedade.*

Portanto, a disciplina *Química Ambiental* assumiu um papel de destaque para auxiliar na formação de profissionais comprometidos com o meio ambiente, tornando possível atingir as metas estipuladas pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Ainda dentro das mudanças implementadas em 2010 nos cursos de Química, a Educação Ambiental é complementada pelos componentes curriculares de formação específica que utilizam os princípios da Química Verde. Essas disciplinas, por serem específicas para cada curso, são ofertadas uma vez ao ano, mas podem ser ofertadas duas vezes quando há demanda.

Na Química Industrial, podemos citar *Higiene e Segurança Industrial, Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa, Tecnologia de Bioprocessos Industriais e Tratamento de Água e Resíduos Industriais*, além de outras disciplinas optativas.

A disciplina de *Higiene e Segurança Industrial* tem, entre outros objetivos, desenvolver as habilidades éticas dos profissionais químicos com respeito a seu papel na sociedade. Entre os tópicos discutidos na disciplina está o papel do profissional químico,

através de um olhar crítico, na avaliação das fontes dos recursos que podem ser explorados pela indústria química, bem como os impactos da atividade química ao meio ambiente e às pessoas.

A disciplina *Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa* permite que o discente tenha uma abordagem atual para a produção sustentável de energia. O ensino no contexto da produção de energia visa garantir que o químico formado tenha a capacidade de avaliar as diferentes formas de obtenção de energia e os impactos gerados, na busca por um desenvolvimento sustentável (Srivastava *et al.*, 2021). Assim, a disciplina tem os seguintes objetivos:

*Proporcionar aos estudantes conhecimentos sobre as principais tecnologias de conversão energética da biomassa; Importância da biomassa para a produção de energia; Compreender os impactos ambientais sobre a produção de energia; Relacionar os tipos de indústrias com as possibilidades de uso da biomassa; Compreender os fenômenos químicos existentes em cada processo, bem como a estrutura química dos diferentes tipos de biomassa; e Apontar as tendências da bioenergia, as legislações e políticas públicas de incentivo.*

Ainda nessa disciplina, são abordados diversos processos

Ainda dentro das mudanças implementadas em 2010 nos cursos de Química, a Educação Ambiental é complementada pelos componentes curriculares de formação específica que utilizam os princípios da Química Verde. Essas disciplinas, por serem específicas para cada curso, são ofertadas uma vez ao ano, mas podem ser ofertadas duas vezes quando há demanda.

de conversão de biomassa, incluindo pirólise, gaseificação, biodigestão e a fermentação. Somam-se a esses processos o conhecimento e aplicação dos conceitos de bioeconomia (Sillanpää *et al.*, 2017), economia circular e, principalmente, a avaliação do ciclo de vida de um processo (*Life Cycle Assessment*) (Maranghi *et al.*, 2020). Este último é essencial para a tomada de decisão sobre a viabilidade da biomassa na produção de energia em substituição à matriz tradicional, ou se aplicada de forma complementar. Um químico com aptidão de ponderar formas alternativas para maximizar a produção de energia, como o emprego de resíduos, é um profissional indispensável na implementação de novas matrizes energéticas.

A disciplina de *Tecnologia de Bioprocessos Industriais* tem como objetivo auxiliar os alunos a compreenderem a importância dos bioprocessos no contexto atual, possibilitando o desenvolvimento de novas rotas para a obtenção de insumos e produtos para indústria a partir de processos mais limpos:

*Conhecer os princípios básicos relacionados à tecnologia dos bioprocessos microbianos utilizados para produção de substâncias, insumos ou produtos de interesse para as indústrias químicas, farmacêuticas e de alimentos, ou ainda tratamento de seus resíduos, bem como ampliar os conhecimentos obtidos em aulas experimentais e visitas técnicas.*

Ao longo das aulas, são discutidas alternativas mais seguras e eficientes que podem vir a substituir os processos químicos tradicionais, a partir da utilização de recursos renováveis ou pela ação de microrganismos, por exemplo.

A disciplina de *Tratamento de Água e Resíduos Industriais* apresenta um conteúdo central na Educação Ambiental, pois praticamente todas as indústrias de transformação e alimentos produzem um ou mais tipos de resíduos. Além disso, a água está presente na grande maioria dos processos, tanto para a limpeza quanto como matéria-prima, gerando diversos tipos de efluentes industriais. Nesse sentido, essa disciplina exige consolidados conhecimentos em química analítica e, especialmente, em química ambiental, além de estar fortemente conectada com os princípios da Química Verde. Somado a isso, a disciplina ganha cada vez mais destaque por conta dos constantes impactos ambientais e mudanças climáticas ocasionados pelo modelo econômico atual.

A criação do curso de Química Industrial, com um currículo voltado para a sustentabilidade como base para a Educação Ambiental, serviu de inspiração para os demais cursos de química da UFPel, que tornaram a disciplina *Introdução a Química Verde* obrigatória em seus currículos. Além disso, no curso de Bacharelado em Química a

sustentabilidade também foi incorporada ao perfil profissional do egresso:

*O Bacharel em Química formado pela Universidade Federal de Pelotas terá uma formação moderna, flexível e generalista, baseada nos princípios da Química Sustentável. Esse profissional está apto a atuar como pesquisador em órgãos públicos e privados, como professor na educação superior, a realizar estudos de pós-graduação em Química e áreas afins.*

Os componentes curriculares específicos desse curso, como *Química a partir dos Recursos Renováveis, Síntese Orgânica Teórica e Projetos em Síntese Orgânica* complementam essa formação, tendo ainda como optativas as disciplinas ofertadas pelo curso de Química Industrial.

A disciplina *Química a partir dos Recursos Renováveis* foi diretamente influenciada pelo trabalho do Prof. Armin F. Isenmann, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, que disponibilizou na *web* as três edições do livro *Química a partir dos Recursos Renováveis*, de 2012 a 2016 (Isenmann, 2016). O foco da disciplina está na abordagem do uso racional da biodiversidade e o aproveitamento da biomassa como alternativa na produção de matéria-prima para os diferentes setores da indústria química em substituição às fontes fósseis:

*Fornecer ao aluno uma visão geral da tecnologia orgânica aplicada aos recursos naturais, no contexto do uso racional da biodiversidade, abrangendo o aproveitamento da biomassa renovável tais como: carboidratos, óleos e gorduras e terpenos (óleos essenciais) para a produção de insumos para os diferentes setores da indústria química e correlatas.*

**A criação do curso de Química Industrial, com um currículo voltado para a sustentabilidade como base para a Educação Ambiental, serviu de inspiração para os demais cursos de química da UFPel, que tornaram a disciplina *Introdução a Química Verde* obrigatória em seus currículos.**

Nas disciplinas *Síntese Orgânica Teórica e Projetos em Síntese Orgânica* a Química Verde aparece explicitamente na ementa e nos objetivos, buscando-se aplicar, sempre que possível, os princípios da Química Verde na síntese orgânica.

Especificamente na disciplina *Projetos em Síntese Orgânica*, a ideia é que os alunos desenvolvam projetos de síntese de produtos voltados a atender à demanda de grupos de pesquisa ou de aulas práticas dos cursos de química. Todos os projetos precisam contemplar alguns dos princípios da Química Verde, como por exemplo o uso de biomassa como matéria-prima, a utilização de fontes alternativas de energia (aquecimento com micro-ondas e irradiação com ultrassom) para acelerar reações químicas. Os alunos são instigados a discutir quais os benefícios ambientais da sua proposta de síntese, confrontando-a com técnicas clássicas de síntese do mesmo produto. Ao apresentar os resultados do projeto, o

estudante apresenta cálculos de métricas de química verde (eficiência atômica, fator E e eficiência de massa) para demonstrar a veracidade de sua síntese.

Na Licenciatura em Química, além das disciplinas *Química Verde* e *Química Ambiental*, comuns aos demais cursos, outros componentes curriculares, como *Instrumentação para o Ensino de Química*, *Metodologia da Pesquisa em Educação Química* e a optativa *Meio Ambiente e Desenvolvimento*, contribuem para que a EA esteja inserida na formação docente seguindo a filosofia da química verde. A nova matriz curricular (2021) está organizada para que as ações pedagógicas interdisciplinares e transversais desenvolvidas ao longo do curso levem a Educação Ambiental ao universo da licenciatura a partir de discussões inerentes à formação profissional docente permeadas por discussões voltadas à questão ambiental.

Na disciplina *Instrumentação para o Ensino de Química* o objetivo é desenvolver reflexões e ações como instrumento para a formação de professores de Química. Dentro desse contexto, a EA é abordada através da importância do desenvolvimento de atividades experimentais seguras, experimentos baseados nos princípios da química verde, conscientização da segurança no laboratório e responsabilidade quanto ao descarte e tratamento de resíduos.

Na *Metodologia da Pesquisa em Educação Química* o discente é incentivado a realizar pesquisas sobre a educação escolar e sua relação com Educação Ambiental.

A disciplina *Meio Ambiente e Desenvolvimento* é um componente optativo, ofertado pelo Centro de Engenharias da UFPel, na qual o discente tem a oportunidade de compreender e aprofundar o conhecimento sobre o desenvolvimento sustentável relacionado aos temas ética, meio ambiente e cidadania.

Além dessas mudanças, as demais disciplinas do núcleo básico dos cursos passaram a ter a orientação para abordar em seus conteúdos, sempre que possível, os princípios da Química Verde.

## Química verde e a pós-graduação

O Programa de Pós-Graduação em Química da UFPel (PPGQ), criado em 2007, teve papel fundamental para estimular o ensino e a aplicação dos princípios da Química Verde nos cursos de graduação da UFPel. Isso se deu por meio da articulação com as atividades de pesquisas realizadas, principalmente, pelo grupo LASOL com os cursos de graduação, através da Iniciação Científica. Porém, com a criação do nível de Doutorado no PPGQ/UFPel em 2011, passou a ser ofertada a disciplina *Química Verde e Sustentável* (QVSus), estendendo assim o ensino da Química Verde para

a pós-graduação (Mestrado e Doutorado). Além da oferta da disciplina, têm se desenvolvido projetos de dissertação e tese no LASOL e em outros grupos do PPGQ, abordando diversos princípios da Química Verde, como catálise, maior eficiência energética, solventes e auxiliares mais seguros, biomassa como matéria-prima renovável e química analítica verde.

A disciplina QVSus procura consolidar os conceitos da Química Verde para estudantes que já tiveram contato com o tema na graduação e, também, apresentar a Química Verde para pós-graduandos que ainda não tiveram essa disciplina. Em geral, a disciplina tem sido frequentada por alunos provenientes das quatro linhas de pesquisa do PPGQ-UFPel e de outros cursos de pós-graduação da Universidade. Em QVSus, o conteúdo apresentado na graduação é explorado mais a fundo, especialmente no que se refere às métricas de Química Verde. Os estudantes são instigados a repensar seus projetos de pesquisa e suas atividades experimentais

A nova matriz curricular (2021) está organizada para que as ações pedagógicas interdisciplinares e transversais desenvolvidas ao longo do curso levem a Educação Ambiental ao universo da licenciatura a partir de discussões inerentes à formação profissional docente permeadas por discussões voltadas à questão ambiental.

através da filosofia da Química Verde. A disciplina possui quatro atividades avaliativas, distribuídas ao longo do semestre: 1) Propor uma modificação em seu projeto de dissertação ou tese que o torne mais verde, ou ambientalmente mais amigável; 2) Detectar um experimento utilizado em aula prática na graduação que utiliza reagentes ou auxiliares perigosos ou tóxicos, ou que gere grande

quantidade de resíduos, ou utilize condições reacionais drásticas (aquecimento a altas temperaturas por longo tempo, uso de oxidante forte ou base forte, etc.). Propor um experimento alternativo mais verde, que possa ser usado em substituição ao experimento convencional; 3) Selecionar dois artigos de síntese de fármacos (do mesmo ingrediente farmacêutico ativo). Calcular a Economia de Átomos, o Fator E, o Quociente Ambiental, a Eficiência de Massa da Reação e o Nível de Verdura Atômica. Indicar qual das duas rotas sintéticas avaliadas é mais verde; e 4) Propor um projeto que envolva o aproveitamento de biomassa disponível na região para obtenção de produtos de interesse na indústria de química fina (por exemplo, resíduos agrícolas, da agroindústria ou da indústria de alimentos, entre outros setores). A UFPel é uma das instituições pioneiras no país a inserir na grade curricular de seus cursos de química, na graduação e na pós-graduação, a disciplina de *Química Verde*. Os resultados dessa iniciativa são profissionais químicos conscientes de seu protagonismo na construção de um mundo melhor através da química.

## Educação Ambiental no contexto atual

Embora as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental no ensino básico e superior tenham sido determinadas em 2012, através da Resolução CNE/CP nº 02, de 15 de junho de 2012 (Brasil, 2012), somente em 2020 foi realizada a reformulação dos currículos de Química

da UFPel, visando atender não somente essas diretrizes, mas também aquelas relacionadas à curricularização da Extensão Universitária, determinada pela Resolução CNE/CES/MEC 07/2018 (UFPel, 2018). Antes da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, havia previsão de implantação dos novos currículos em 2022.

A curricularização das atividades de extensão encontrou em algumas disciplinas de Química um espaço importante para a disseminação do conhecimento acadêmico em prol da sustentabilidade. Para os cursos de Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química, que já contemplavam a Educação Ambiental em seus currículos com base na sustentabilidade, de forma transversal e articulada entre a graduação, a extensão e a pesquisa, não houve dificuldades para se adequarem. A curricularização da extensão foi realizada, em parte, acrescentando carga horária de extensão às disciplinas *Química Verde* e *Química Ambiental* nos três cursos, e na Química Industrial também nas disciplinas *Biomassa e Energia* (antiga *Tecnologia de Conversão Energética da Biomassa*) e *Tratamento de Águas e Resíduos Industriais*. Uma vez implementado o novo programa das disciplinas, elas oferecerão a oportunidade para os discentes realizarem atividades extensionistas visando difundir a Educação Ambiental e ampliar o seu alcance nas comunidades. Nesse caminho, o envolvimento dos estudantes com a comunidade fará parte de um processo evolutivo, por meio do qual as atividades de extensão poderão proporcionar aos alunos o reconhecimento das interações entre as diversas áreas do conhecimento e a sociedade (Aoki *et al.*, 2021).

A disciplina *Química Verde*, por exemplo, passará a ter três créditos, sendo 1 crédito de extensão. Os alunos atuarão no desenvolvimento de material instrucional para divulgação nas plataformas da WWVerde, contribuindo na divulgação da química verde para a comunidade em geral.

Da mesma forma, dois créditos da disciplina *Química Ambiental* serão direcionados ao desenvolvimento de oficinas e palestras pelos estudantes para a comunidade. Dentre as ações planejadas encontram-se aquelas vinculadas à reciclagem e separação adequada de materiais, preparo de adubos orgânicos e técnicas de compostagem, por exemplo.

Na disciplina *Biomassa e Energia* foi desenvolvida uma atividade de extensão que tem por objetivo avaliar a possibilidade de utilizar o óleo de cozinha usado para a produção de biodiesel (Anjos *et al.*, 2020). Através dessa situação problema, os alunos aprendem conceitos sobre economia circular, legislação, análises de biodiesel, entre outros fatores, além de produzir e disseminar esses conhecimentos em sua comunidade. Os conceitos aprendidos se conectam com outras disciplinas, como *Química Ambiental* e *Tratamento*

*de Águas e Resíduos Industriais*, por conta dos impactos gerados pela contaminação com este tipo de resíduo.

Na disciplina *Tratamento de Águas e Resíduos Industriais*, a atividade de extensão ainda está em fase de desenvolvimento, contudo, pelo grande apelo ambiental que representa essa disciplina, as possibilidades de interação com a comunidade são amplas. Além disso, conhecer a estação de tratamento de água local é vital para entender o processo químico como um todo, bem como avaliar os impactos urbanos e industriais gerados pela comunidade da região.

As ações curriculares diretamente relacionadas ao meio ambiente são de extrema importância para a formação de profissionais comprometidos com a preservação da natureza. Entretanto, também se faz necessária a compreensão do papel desses novos profissionais no ambiente de trabalho em que serão inseridos. Assim, algumas disciplinas, embora não tenham em sua gênese a questão ambiental, tiveram

A curricularização das atividades de extensão encontrou em algumas disciplinas de Química um espaço importante para a disseminação do conhecimento acadêmico em prol da sustentabilidade.

Para os cursos de Química Industrial, Bacharelado em Química e Licenciatura em Química, que já contemplavam a Educação Ambiental em seus currículos com base na sustentabilidade, de forma transversal e articulada entre a graduação, a extensão e a pesquisa, não houve dificuldades para se adequarem.

inseridas em seus programas discussões sobre as formas de tornar os processos químicos mais eficientes e menos agressivos ao ambiente. Um exemplo é a disciplina *Tecnologia de Recursos Fósseis*, que integra a nova grade curricular da Química Industrial, e na qual foram inseridos alguns dos princípios da Química Verde visando ao desenvolvimento de processos mais sustentáveis. Uma vez que ainda não é possível substituir muitos dos derivados de petróleo, a utilização de fontes não renováveis continuará por anos

sendo necessária. Assim, além dos conteúdos relacionados à manufatura de produtos derivados do petróleo, busca-se ensinar aos alunos que a evolução da indústria de transformação passa pela pesquisa visando tornar os processos menos insalubres, mais eficientes e com menor risco ao meio ambiente e ao trabalhador. Dentre as estratégias utilizadas no setor de manufatura, na disciplina *Tecnologia de Recursos Fósseis* se desenvolve o conceito de intensificação de processos, pelo qual se busca diminuir a escala dos processos, mas não a produtividade da indústria, e se usa a estatística no planejamento e otimização de processos industriais, principalmente nas reações químicas, aprimorando o desenvolvimento de novos processos ao mesmo tempo que diminui custos e impactos ambientais (Lendrem *et al.*, 2001).

### Considerações Finais

De acordo com o texto apresentado, podemos observar que a *Química Verde* deixou de ser apenas uma disciplina da grade curricular obrigatória dos cursos de química da UFPel. Ela se difundiu pelos demais componentes curriculares através da articulação entre o ensino, a pesquisa e a extensão. Os princípios da Química Verde são ferramentas

que possibilitam a Educação Ambiental de forma transversal, para a formação de profissionais conscientes da sua responsabilidade em manter o equilíbrio entre a preservação do meio ambiente, o desenvolvimento econômico sustentável e o desenvolvimento social. Nesse sentido, entendemos o profissional da área da Química como um sujeito capaz de compreender não apenas os vários processos industriais, mas também seus impactos sobre a sociedade, tornando-se um profissional singular no desenvolvimento sustentável. De modo semelhante, entendemos que na pesquisa, a Química Verde deixou de ser apenas uma área de atuação para se tornar uma nova forma de desenvolvimento, na qual seus princípios estão difundidos em diversas áreas do conhecimento.

Embora não tenha sido realizada, até o presente, a avaliação qualitativa da percepção dos estudantes sobre a forma como a Educação Ambiental é abordada nos cursos de química da UFPel, esta será o próximo passo para que sejam realizados ajustes que tragam melhorias ao currículo. Como docentes dessas disciplinas, entretanto, os autores têm observado uma alteração significativa no perfil dos egressos, contemplando os eixos de ensino, pesquisa e extensão, abordando a química sustentável como um conceito multidisciplinar que, conseqüentemente, impactou de diversas formas os cursos de graduação e de pós-graduação.

Além da questão da avaliação do impacto junto aos estudantes, há ainda muitos desafios a serem enfrentados no ensino de química sustentável e na química como um todo, começando pela abordagem sistêmica, a qual precisa ser inserida desde a disciplina de química geral. Essa é uma discussão que chegou tardiamente aos cursos de química, através da IUPAC (IUPAC, 2021) e da divisão de ensino da *American Chemical Society* (Mahaffy *et al.*, 2019). A disciplina *Química Verde* tem muito a contribuir para essa

abordagem, embora nem sempre o conteúdo ciclo de vida do produto seja absorvido pelos alunos (e por muitos dos colegas professores). Outro aspecto que precisa ser considerado é a discussão da toxicologia dos produtos químicos que, embora seja abordada na disciplina *Higiene e Segurança Industrial*, precisa ser aprofundada e estendida aos outros cursos. Não há como propor soluções para problemas históricos (e recentes) da indústria química sem conhecimento sobre a toxicidade do material com o qual se está trabalhando.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. CNPq e FAPERGS contribuíram com fundos para pesquisa em química verde no grupo LASOL/UFPel.

---

**Raquel Guimarães Jacob** (raquel.jacob@ufpel.edu.br), bacharel em Química com atribuições tecnológicas, licenciada em Química e mestre em Química Orgânica pelo IQ da Universidade Federal do Rio de Janeiro, doutora em Química Orgânica pela FFCLRP-USP de Ribeirão Preto. Atualmente é professora Adjunto IV na Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS – BR. **Márcio Santos da Silva** (silva.ms@ufpel.edu.br), bacharel, licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal de Pelotas, doutor em Ciências (Química Orgânica) pela USP. Atualmente é professor adjunto na Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS – BR. **Daniela Hartwig** (daniela.hartwig@ufpel.edu.br), licenciada em Química, mestre e doutora em Química pela Universidade Federal de Pelotas. Atualmente é professora Adjunto na Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS – BR. **Eder João Lenardão** (lenardao@ufpel.edu.br), bacharel em Química pela Universidade Estadual de Londrina, mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Maria e doutor em Química Orgânica pela FFCLRP-USP de Ribeirão Preto. Atualmente é professor titular na Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS – BR.

## Referências

ABIQUIM. *Programa Atuação Responsável*, 1992. Disponível em: <https://abiquim.org.br/programas>, acesso em nov. 2021.

ABIQUIM. *A trajetória da Indústria Química rumo à sustentabilidade*. Encontro da Indústria para a Sustentabilidade, 2012. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/0a/b6/0ab6ef9f-0374-4389-a07d-97688474c593/20131002174409281773i.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/0a/b6/0ab6ef9f-0374-4389-a07d-97688474c593/20131002174409281773i.pdf), acesso em set. 2021.

Agenda 21. *Manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas, incluída a prevenção do tráfico internacional ilegal dos produtos tóxicos e perigosos*. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Agenda\\_21](https://pt.wikipedia.org/wiki/Agenda_21), acesso em abr. 2022.

ANASTAS, P. T. e WILLIAMSON, T. C. Green chemistry: an overview. In: ANASTAS, P. T. e WILLIAMSON, T. C. (Eds.) *Green chemistry: designing chemistry for the environment*. ACS Symposium Series, v. 626, pp. 1-17, 1996.

ANASTAS, P. T. e WARNER, J. C. *Green Chemistry: theory and practice*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1998.

ANDRADE, R. S. e ZUIN, V. G. A experimentação na educação em Química Verde: uma análise de propostas didáticas desenvolvidas por licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 21, artigo

nº e25960, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u13171338>, acesso em fev. 2022.

ANJOS, R. e SILVA, M. S. Introduction Biodiesel Course: evaluating the quality of waste cooking oil by <sup>1</sup>H NMR spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, v. 97, p. 3784-3790, 2020.

AOKI, E.; RASTEDE, E. e GUPTA, A. Teaching sustainability and environmental justice in undergraduate chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, v. 99, p. 283-290, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00412>, acesso em set. 2021.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm), acesso em set. 2021.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei nº 9.394/1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm), acesso em abr. 2022.

BRASIL – Ministério da Educação. Reuni - *Reestruturação e Expansão das Universidades Federais* – Diretrizes Gerais – Decreto 6.096/2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm), acesso em abr. 2022.

BRASIL – Ministério da Educação. *Resolução CNE/CP nº 2,*

de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002\\_12.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002_12.pdf), acesso em nov. 2021.

BRITO, E. P. Projeto Pedagógico de Curso. *Coletânea Pedagógica: caderno Temático nº 1*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2008, 24p.

EPA (Environmental Protection Agency) – USA. *Green Chemistry Challenge Winners*, 1996. Disponível em: <https://www.epa.gov/greenchemistry/green-chemistry-challenge-winners>, acesso em nov.2021.

ISENMANN, A. F. *Química a partir de recursos renováveis*. Timóteo-MG: edição do autor, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/71343359-Quimica-a-partir-de-recursos-renovaveis-armin-franz-isenmann-quimica-a-partir-de-recursos-renovaveis-3-a-edicao.html>, acesso em set. 2021.

IUPAC. Learning objectives and strategies for infusing systems thinking into (post)-secondary General Chemistry education. Disponível em: [https://iupac.org/projects/project-details/?project\\_nr=2017-010-1-050](https://iupac.org/projects/project-details/?project_nr=2017-010-1-050), acesso em nov. 2021.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F. e SILVEIRA, C. C. “Green Chemistry” – Os 12 Princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, p. 123-129, 2003.

LENDREM, D.; OWEN, M. e GODBERT, S. DoE (Design of Experiments) in development industry: potential obstacles. *Organic Process Research & Development*, v. 5, p. 324-327, 2001.

LINTHORST, J. A. An overview: origins and development of green chemistry. *Foundations of Chemistry*, v. 12, p. 55-68, 2009.

MAHAFFY, P. G.; HO, F. M.; HAACK, J. A. e BRUSH, E. J. (Eds.). Reimagining chemistry education: systems thinking, and green and sustainable chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 96, p. 2679-3044, 2019.

MARANGHI, S. e BRONDI, C. (Eds). *Life Cycle Assessment in the chemical product chain: challenges, methodological approaches and applications*. Switzerland: Springer Nature, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-34424-5>, acesso em set. 2021.

NARDOTTO, R. S. e BERNADELLI, M. S. A química verde como encaminhamento metodológico de ensino e aprendizagem no Brasil. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 8, p. 82-98, 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/quimica/quimica-verde>, acesso em fev. 2022.

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. *A Definition of Sustainable Chemistry*. Paris, 2021. Disponível em <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sustainablechemistry.htm>, acesso em fev. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS –BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>, acesso em out. 2021.

SALGADO, T. D. M.; MOÇO, M. C. C. e SILVA, M. T. X. Interfaces disciplinares no ensino de ciências: uma perspectiva docente. *Química Nova na Escola*, v. 41, p. 200-209, 2019.

SRIVASTAVA, N.; SRIVASTAVA, M.; MISHRA, P. K. e GUPTA, V. K. (Eds). *Bioprocessing for Biofuel Production: strategies to improve process parameters*. Singapore: Springer Nature, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-15-7070-4>, acesso em set. 2021.

SILLANPÄÄ, M. e NCIBI, C. *A Sustainable Bioeconomy: the green industrial revolution*. Switzerland: Springer Nature, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-55637-6>, acesso em set. 2021.

UFPel. Resolução COCEPE nº 42 de 18 de dezembro de 2018 – *Regulamento da curricularização das atividades de extensão nos cursos de graduação da Universidade Federal de Pelotas* – UFPel e dá outras providências. Disponível em: <https://ccs2.ufpel.edu.br/wp/wp-content/uploads/2019/02/Resolucao-42.2018-COCEPE.pdf>, acesso em set. 2021.

UN – World Commission on Environment and Development, *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. New York: UN, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>, acessado em abr. 2022.

ZUIN, V. G.; FARIAS, C. R. e FREITAS, D. A ambientalização curricular na formação inicial de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, p. 552-570, 2009.

### Sites dos Cursos de Química da UFPel

Química Industrial: <https://wp.ufpel.edu.br/quimicaindustrial/coordenacao-do-colegiado-2/projeto-pedagogico/>

Bacharelado: <https://wp.ufpel.edu.br/bachareladoemquimica/projeto-pedagogico/>

Licenciatura: <https://wp.ufpel.edu.br/licenciaturaquimica/files/2021/12/Oficial-Coord-PPC-Lic-Qui.pdf>

**Abstract:** *Environmental Education in the Chemistry courses of UFPel through Green Chemistry*. This paper describes a brief report on the inclusion and evolution of Environmental Education in undergraduate chemistry courses (Industrial, Bachelor and Teaching Chemistry) at the Federal University of Pelotas (UFPel, Brasil), having Green and Sustainable Chemistry as a background. It is evidenced that the evolution occurred not only through the inclusion of disciplines focused on Environmental Education, but also by the application of this concept in research activities, and more recently, by means of extension practices.

**Keywords:** Green Chemistry, Environmental Education, Curriculum.



A publicação deste artigo foi patrocinada pelo Conselho Federal de Química (CFQ)