

**Relato****ESTUDO SOBRE OS CONCEITOS DA QUÍMICA VERDE  
NUMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO E TÉCNICO  
INTEGRADO****Juliana Barreto Brandão****Júlia Damazio Bouzon****Suyane David Sá de Alvarenga****Álvaro Chrispino****Resumo**

A Química Verde pode ser definida como um conjunto de princípios que, quando praticados, resultam em processos mais limpos e seus conceitos têm sido abordados na área de Ensino. Sendo assim, este trabalho apresenta os resultados de um projeto de iniciação científica desenvolvido por alunos de uma escola pública de Ensino Médio e Técnico Integrado, no qual foram estudados conceitos da Química Verde na perspectiva CTS. O projeto foi organizado em quatro etapas: fundamentação teórica, na qual os estudantes perceberam a relação entre suas atitudes cotidianas e os impactos gerados ao meio ambiente; discussão temática sobre pegadas ecológicas e avaliação do ciclo de vida; avaliação da verduza química de dois procedimentos experimentais e, por fim, exposição tecnológica, em que os alunos compartilharam os conhecimentos estudados. Desta forma, este trabalho contribuiu para a inserção do tema no Ensino Médio, mostrando sua viabilidade e pertinência cada vez mais cedo nas escolas.

**Palavras-Chave:** química verde, ensino médio, abordagem CTS

## Introdução

Não é de hoje que as questões ambientais têm sido tema de debates nas mais diversas áreas como, política, economia e educação, uma vez que estão diretamente relacionadas com o comportamento humano. No final da década de 80, uma série de debates e discussões definiram conceitos importantes sobre o tema, como o de desenvolvimento sustentável que, de acordo com o Relatório de Brundtland (1987, p.54), “é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Nesse sentido, em meio aos desdobramentos gerados pelos diversos movimentos e eventos promovidos a respeito das questões ambientais, a Química Verde emergiu como uma proposta para evitar ou minimizar danos causados ao meio ambiente. De acordo com Anastas e Warner (1998), Química Verde consiste na utilização de um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, a manufatura e a aplicação de produtos químicos.

Ainda segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Brasileiro (2010, p.16), a Química Verde compreende “o desenho, o desenvolvimento, a produção e o uso de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente”.

Levando em consideração que as indústrias químicas são grandes centros poluidores, inicialmente, os estudos sobre Química Verde foram focados em reduzir os impactos gerados pelas mesmas. Sendo assim, Anastas e Warner (1998) sistematizaram medidas de prevenção e segurança em doze princípios relacionados aos processos de produção industrial. As indústrias perceberam a importância de modificar seus processos, no sentido de diminuir os impactos ambientais negativos e ao mesmo tempo garantir a satisfação das necessidades sociais com qualidade, sendo fundamental, portanto, a avaliação do desempenho de sustentabilidade no planejamento desses processos (RUIZ-MERCADO ET AL, 2012).

Tendo em vista que toda essa discussão pressupõe uma mudança de postura individual e coletiva, o estudo sobre Química Verde se difundiu para outras áreas, como pesquisa e educação, já que se faz necessário um movimento de conscientização que naturalmente perpassa por um processo educativo. Dessa maneira, estes conceitos começaram a ser introduzidos no Ensino Superior, principalmente em cursos de pós-graduação, devido à demanda por profissionais especializados nessa área (VILCHES E PEREZ, 2010; SUMMERTON ET AL, 2013). Entretanto, como afirmam Anastas e Kirchhoff (2002), estudantes de todos os níveis precisam ser apresentados à filosofia e à prática de Química Verde, evidenciando a importância de que esses conceitos sejam inseridos o quanto antes no contexto escolar.

Assim sendo, em relação ao cenário brasileiro, esse mesmo panorama se repete, conforme mostra a análise bibliométrica realizada em periódicos nacionais de educação que

identificou baixa representatividade do ensino de Química Verde na educação básica, devido a pouca quantidade de publicações nessa área (AUTOR, 2018).

Acredita-se, então, que a inserção destas ideias é essencial para que os estudantes compreendam sua responsabilidade perante o meio ambiente, sendo necessária a formação de indivíduos com opiniões mais críticas, bem como capazes de tomar decisões mais conscientes. É importante ressaltar que a abordagem para introduzir conceitos deste tipo deve incentivar os alunos a perceberem que os conteúdos científicos estudados podem ser aplicados num contexto fora da escola.

Assim posto, neste trabalho, optou-se por utilizar a abordagem de ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) visando possibilitar que os estudantes se percebam como sujeitos no processo de aprendizagem.

O complexo vínculo estabelecido por essa tríade faz com que não haja um conceito único sobre a área, mas consensos que abordam a interrelação entre esses três pilares. Desta forma, este trabalho se utilizou das concepções de Cutcliffe (2003) que afirma que:

*A missão central do campo [acadêmico] CTS, até o momento, tem sido expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social. Deste ponto de vista, a ciência e a tecnologia são vistas como projetos complexos em que os valores culturais, políticos e econômicos nos ajudam a configurar os processos tecnocientíficos, que, por sua vez, afetam os mesmos valores e a sociedade que os detém (CUTCLIFFE, 2003, p. 18).*

Nesse sentido, considera-se que a escolha dessa abordagem de ensino pode viabilizar o estudo sobre Química Verde, já que:

*O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS E MORTIMER, 2002, p. 114).*

Sendo assim, este trabalho buscou inserir os conceitos de Química Verde a partir da abordagem CTS em um projeto de iniciação científica desenvolvido por alunos de uma escola pública de Ensino Médio e Técnico Integrado.

## **Metodologia**

O projeto de iniciação científica foi desenvolvido por um grupo de cinco alunos da primeira série do curso de Eletrotécnica e foi organizado em quatro etapas: fundamentação teórica, discussão temática, avaliação da verdura química e exposição tecnológica, com carga horária total de trinta horas, como mostra o Quadro 1.

**Quadro 1:** Organização das atividades do projeto

<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>	<b>Hora/Aula</b>
1	Fundamentação teórica: principais conceitos de Química Verde	8
2	Discussão temática: aprofundamento de tema escolhido pelos alunos	4
3	Avaliação da verdura química	6
4	Exposição tecnológica: organização do estande e apresentação	12

Na etapa de fundamentação teórica, os alunos iniciaram o estudo sobre a Química Verde a partir da leitura, com posterior discussão em grupo, de textos bibliográficos previamente selecionados pelos professores orientadores. Os tópicos abordados nessa primeira fase foram: breve histórico de movimentos e ações a respeito das questões ambientais (Clube de Roma, Conferência de Estocolmo, o Relatório de Brundtland e as convenções no Rio de Janeiro), desenvolvimento sustentável, os doze princípios da Química Verde, economia circular e avaliação do ciclo de vida de produtos.

A partir desse estudo inicial, solicitamos aos estudantes que escolhessem os assuntos de maior interesse e promovessem uma discussão temática. Para isso, foram orientados a aprofundarem seus estudos a respeito do assunto escolhido e prepararam uma apresentação em slides para auxiliar a discussão do tema no grupo.

Na terceira etapa do projeto, os discentes estudaram sobre a avaliação da verdura química de processos realizados em laboratórios de ensino, especialmente a métrica holística matriz verde, que foi desenvolvida por Adélio Machado (2014).

Para praticar o método da avaliação, os estudantes selecionaram dois protocolos na literatura: (i) síntese de um corante artificial (VOGEL, 1966), cujo processo envolve reação química e (ii) extração de um corante natural (DIAS ET AL, 2003), sem reação química, conforme descrito no Quadro 2.

**Quadro 2:** Descrição dos protocolos selecionados para a avaliação da verdura química

<b>Experimento</b>	<b>Protocolo</b>
Síntese do corante diazoaminobenzeno	Inicialmente, misturam-se 13,7mL de anilina, 75 mL de água destilada e 20,0mL de HCl concentrado sobre agitação constante. Resfria-se a mistura até temperatura ambiente e adiciona-se em seguida 50 g de gelo picado. O béquer utilizado para o meio reacional deve ser mantido em banho de gelo e sal. Após esta etapa, adiciona-se gota a gota, uma solução de 5,2g de NaNO <sub>2</sub> em 12,0mL de água com agitação e mantendo sobre o banho de gelo por 10 minutos. Ao fim da adição, manter o sistema sobre agitação por 15 minutos. À mistura obtida anteriormente, adiciona-se uma

	solução de 21,0g de acetato de sódio em 40,0mL de água destilada. Em seguida, essa mistura deve ser mantida sobre agitação constante e a temperatura fixa na faixa de 5°C durante 40 minutos. Observa-se a formação de precipitado de coloração amarelo intenso referente ao diazoaminobenzeno. O produto obtido deve ser filtrado a vácuo e lavado com água gelada inicialmente (cerca de 1L) e depois com 80mL de uma mistura etanol/água 9:1 e finalmente secado a temperatura ambiente.
Extração do corante natural de açafrão	Na extração dos pigmentos, pesa-se aproximadamente 25 g do pó de açafrão. Transfere-se o material para um béquer e, em seguida, adiciona-se aproximadamente 50 mL de etanol. A mistura deve ser agitada e posta em repouso por 15 minutos. A seguir, a mistura é filtrada com papel de filtro no funil.

Após a construção das matrizes verdes dos protocolos citados anteriormente, os estudantes seguiram para a última etapa do projeto. Organizaram um estande sobre Química Verde numa exposição tecnológica, que ocorreu durante a semana de pesquisa e extensão da escola. O espaço foi ornamentado essencialmente a partir de materiais reutilizados, onde eles compartilharam com os visitantes os conhecimentos estudados.

## Resultados e Discussão

A fundamentação teórica fez-se imprescindível como primeira etapa do projeto para que os alunos fossem introduzidos no estudo sobre os conceitos da Química Verde, como os doze princípios, sua origem e difusão no mundo, em especial, no Brasil. Nesse momento, dois temas chamaram bastante atenção deles despertando grande interesse: pegadas ecológicas e avaliação do ciclo de vida.

No estudo do desenvolvimento sustentável, discutimos sobre os impactos causados ao meio ambiente devido ao comportamento humano e as pegadas ecológicas tiveram grande destaque. Esse indicador, de acordo com Rees (2013) refere-se à quantidade de terra e água que seria necessária para sustentar as gerações atuais, levando em conta todos os recursos materiais e energéticos, gastos por uma determinada população.

Nesse sentido, os alunos se mostraram surpresos em saber que o dia da sobrecarga da Terra, no Brasil, já havia passado e com o fato de que a sua forma de vida individual também é capaz de gerar uma pegada ecológica, pois para eles apenas os sistemas de produção industrial eram responsáveis por impactar negativamente o ambiente. Além disso, destacaram a necessidade urgente de mudar seus hábitos, mostrando-se mais conscientes e críticos, como defende a abordagem CTS (AUTOR, 2017).

De acordo com Lin et al (2018), a pegada ecológica da humanidade continua aumentando em ritmo mais acelerado do que a biocapacidade global, e isso sinaliza a maior necessidade de se discutir sobre o tema cada vez mais cedo nas escolas, pois quanto antes

os alunos se perceberem como parte integrante do meio ambiente, mais cedo irão se conscientizar sobre sua responsabilidade.

Os alunos demonstraram grande surpresa e interesse pelo estudo das pegadas ecológicas bem como a avaliação do ciclo de vida de produtos. Desta maneira, a escolha destes dois temas para aprofundamento das discussões ocorreu naturalmente. Sendo assim, na etapa de discussão temática foram apresentados dados sobre as pegadas brasileiras comparadas com as de outros países e foi constatado que o Brasil tem consumido mais do que é capaz de repor. Outro destaque dessa fase foi uma pesquisa que os alunos fizeram sobre sites que disponibilizam testes para as pessoas calcularem sua própria pegada. Todos ficaram impressionados com seus resultados e discutiram sobre possíveis mudanças de hábito em suas rotinas de vida.

Em relação à avaliação do ciclo de vida durante a fundamentação teórica, estudamos sobre as etapas necessárias para que um produto cumpra a sua função na cadeia de produtividade. Nesse momento, os alunos se surpreenderam novamente ao perceberem que vários fatores afetam a vida de um produto, desde os materiais utilizados para a sua constituição até a forma na qual é descartado. Ressaltamos que a avaliação do ciclo de vida de um produto é muito influenciada pelo seu local de produção, ou seja, aquilo que é produzido no Brasil pode não ter a mesma avaliação do que é produzido em outros lugares do mundo, pois deve-se levar em conta condições climáticas, de terra e manufatura, entre outras.

Ao retomar esse assunto na discussão temática, os estudantes apresentaram os resultados de algumas pesquisas publicadas e relataram ter percebido que, na maioria das vezes, tomam algumas conclusões como verdade absoluta, por exemplo, ao afirmarem que é melhor utilizar produtos constituídos de papel ou vidro do que de plástico. Isto é, compreenderam que esse tipo de conclusão depende do ciclo de vida de cada produto, e por isso, a análise das etapas pode contribuir para a definição de caminhos mais verdes de produção.

Essa fase de discussão temática foi muito estimulante para os alunos, pois além de pesquisarem sobre os conceitos da Química Verde, eles foram convidados a promover as discussões no grupo e tiveram a oportunidade de preparar e executar suas apresentações. Sendo assim, dentro desse processo, ressaltaram que compreenderam a importância de determinados critérios numa pesquisa científica como, por exemplo, a busca por fontes bibliográficas seguras que proporcionem um embasamento teórico adequado.

Dando prosseguimento ao projeto, discutimos sobre as métricas de avaliação da verduza química de processos. Nas indústrias, as métricas são utilizadas como parâmetros para medir a verduza dos processos químicos, quantificando os impactos ambientais (CALVO-FLORES, 2009; WATSON, 2012). Em geral, são combinadas mais de uma métrica e seus resultados são analisados em conjunto com outras metas de desempenho da verduza química. Sendo assim, além do investimento em novas tecnologias mais sustentáveis, o uso de métricas para avaliação de seus processos têm sido as práticas verdes mais aplicadas nas indústrias, de acordo com o resultado de uma pesquisa feita por Thayer (2012).

Para uma avaliação global do processo, essas métricas devem abranger a análise de diversos fatores que vão além do descarte gerado, tais como: recursos, materiais, processos, reciclagem, avaliação do ciclo de vida, dentre outros. Ou seja, medir a verduza química não é apenas determinar a quantidade de material descartado, mas requer uma abordagem holística, como afirma Jiménez-González et al (2012).

A verduza química é considerada uma grandeza complexa por constituir-se de componentes de natureza variada (química, ambiental, energética etc.), o que dificulta o desenvolvimento de métricas capazes de avaliar todos os casos de modo global (RIBEIRO ET AL, 2010). Por esse motivo, as métricas são muito úteis enquanto ferramentas que auxiliam na tomada de decisões, mas não devem ser empregadas como fator único e determinante. Sendo assim, optamos por utilizar a métrica holística de matriz verde por considerá-la bastante adequada para a análise proposta neste trabalho, visto que é um método qualitativo que permite avaliar processos desenvolvidos em laboratórios de ensino de química e pode ser aplicado independente da realização do experimento.

Desta forma, após algumas sugestões no grupo, optamos por construir as matrizes verdes de dois procedimentos descritos na literatura: síntese do corante diazoaminobenzeno e extração do corante natural do açafrão.

Essa métrica tem por base o cumprimento de todos os princípios da Química Verde, mas, dependendo de cada situação a ser estudada, nem todos são avaliados (MACHADO, 2014). No caso da síntese, os princípios P4 (desenvolvimento de produtos seguros) e P11 (análise em tempo real da poluição) foram excluídos, pois se considera que sínteses realizadas em laboratórios de ensino de química não costumam conceber novos produtos químicos. Entretanto, para as situações que não envolvem reação química, como a extração, também não foram considerados os princípios: P2 (economia atômica), P3 (síntese menos perigosa), P8 (evitar a formação de derivados) e P9 (uso de catalisadores).

A matriz verde se utiliza da análise SWOT<sup>1</sup>, de modo a alcançar uma visão mais completa da situação sobre a verduza química ou a sua ausência e possibilidades de melhora. Segundo Ribeiro e Machado (2013), originalmente, a análise SWOT era utilizada como um quadro para organizar um conjunto de ideias a respeito de um assunto, no entanto, na métrica de matriz verde, ela é empregada como uma ferramenta multidimensional para avaliar situações complexas, como as reações e os processos químicos.

Sendo assim, após selecionar os princípios a serem estudados no processo, são definidos os itens para avaliar o cumprimento de cada princípio (dimensões da análise interna) que dão origem aos pontos fortes e fracos. O processo é então analisado detalhadamente, de modo que seja possível identificar as alterações que levam a reduzir os pontos fracos, constituindo-se assim em oportunidades. No entanto, compreende-se que nem sempre é possível realizar alterações de modo a obter o mesmo resultado, pois existem limitações de custo e características de processos e materiais, por exemplo, que

---

<sup>1</sup> Acrônimo das iniciais das palavras inglesas: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats.

dificultam a substituição. Isso caracteriza as ameaças e faz parte das dimensões da análise externa (RIBEIRO E MACHADO, 2012; RIBEIRO E MACHADO, 2013).

Desta forma, após a definição dos princípios de Química Verde a serem avaliados, foi feita uma análise das condições de realização dos procedimentos experimentais, como temperatura e pressão, quantidade de reagentes envolvidos e ainda, a partir das fichas de segurança de produtos químicos (FISPQ), foi produzido um inventário sobre as substâncias envolvidas para identificar possíveis riscos à saúde, ao ambiente e de acidente químico. Todas essas informações foram utilizadas na construção da métrica de matriz verde de cada experimento, como mostra o Quadro 3.

**Quadro 3:** Matrizes verdes de processos de obtenção de corantes

<b>Síntese do corante diazoaminobenzeno</b>		<b>Extração do corante do açafreão</b>	
Pontos Fortes	Pontos Fracos	Pontos Fortes	Pontos Fracos
P1 – Produção de resíduos de baixo risco. P5 – Solvente com risco baixo para a saúde. P8 – Não se utilizam derivatizações. P9 – Não são necessários catalisadores.	P2 – Excesso de reagente. P3 – Substâncias com riscos elevados para saúde. P6 – Pressão e temperatura diferentes da ambiente. P7 – Uso de matérias-primas não renováveis. P10 – Uso de substâncias não degradáveis. P12 – Elevado risco de acidente químico.	P1 – Produção de resíduos de baixo risco. P5 – Solvente com risco baixo para a saúde. P6 – Pressão e temperatura ambientes. P7 – Uso de matérias – primas renováveis. P10 – Uso de substâncias degradáveis.	P12 – Risco elevado de acidente químico.
Oportunidades	Ameaças	Oportunidades	Ameaças
-Substituição dos reagentes com riscos moderados/elevados por outros com riscos baixos.  -Utilização de reagentes renováveis e/ou degradáveis.	- É difícil substituir os reagentes que envolvem riscos moderados/ elevados por outros com riscos baixos.  - É difícil substituir os reagentes por outros renováveis e/ou degradáveis.	-Substituição do etanol por outro solvente não inflamável.	Não foram identificadas.

A análise das matrizes mostra que o processo de síntese do corante diazoaminobenzeno é pouco verde, já que atende apenas quatro dos dez princípios usados para a avaliação da sua verdura química.

Para a realização da síntese é necessário empregar ácido clorídrico em excesso e, por isso, a eficiência atômica é diminuída (P2); todos os reagentes a serem utilizados no processo são prejudiciais, sendo que a anilina e o ácido clorídrico são substâncias tóxicas e perigosas para o ambiente (P3); a reação química envolvida no processo é muito exotérmica e, por isso, há necessidade de ser realizada em banho de gelo (P6); os reagentes são obtidos de matérias-primas não renováveis (P7); nenhuma das substâncias envolvidas é degradável, não se decompondo em produtos seguros (P10); e a utilização de ácido clorídrico concentrado e etanol confere risco de acidente, bem como o uso da bomba de vácuo no processo de filtração (P12).

Cabe ressaltar que o uso da matriz verde como métrica apresenta limitações, como a impossibilidade de considerar o cumprimento parcial de um princípio como um ponto forte. Neste procedimento experimental, embora a água seja um solvente sem risco, a adição de etanol na lavagem impede o cumprimento de um princípio (P12), já que é um solvente inflamável. Entretanto, a possibilidade de remover o uso ou substituir o etanol por outro solvente de baixo risco é uma oportunidade que leva ao cumprimento do princípio de Química Verde, podendo aumentar a verduza química do processo. No caso da substituição dos reagentes perigosos por outros com riscos baixos, bem como a realização do processo em temperatura ambiente, são alterações muito difíceis devido às propriedades dos compostos e da reação química.

Em relação à extração do corante natural do açafrão, de acordo com a matriz, caracteriza-se por ser um processo bastante verde, pois dentre os seis princípios analisados da Química Verde, não atende apenas um deles: o etanol é um solvente inflamável que representa risco de acidente (P12). Como oportunidade, este solvente pode ser substituído pela água, contudo, o produto final terá o prazo de validade para uso reduzido, pois estará mais suscetível ao crescimento de microrganismos.

Sendo assim, destacamos em discussão no grupo a importância do uso de métricas para a avaliação da verduza de um processo químico, pois, apesar das suas limitações, a partir delas, é possível escolher processos mais verdes ou promover alterações que os tornem mais verde.

Por fim, os alunos participaram de uma exposição tecnológica, onde mostraram os resultados do projeto. Essa é uma das atividades integrantes da semana de ensino, pesquisa e extensão da escola, que é um evento anual de popularização da ciência e da tecnologia, no qual são apresentados projetos e protótipos desenvolvidos pelos estudantes do ensino médio e técnico. O evento é aberto ao público e os trabalhos são expostos em estandes e avaliados por profissionais externos à instituição.

Todo o estande foi organizado a partir de materiais reutilizados mantendo-se, portanto, alinhado a proposta da Química Verde. Os visitantes conheceram a ideia principal do tema, as matrizes verdes dos protocolos e participaram de uma atividade sobre avaliação do ciclo de vida de sacolas plásticas e de papel, além de calcularem sua pegada ecológica a partir de uma calculadora virtual. Assim, os discentes tiveram a oportunidade de divulgar

para a comunidade escolar aquilo que estudaram, difundindo ainda mais os conhecimentos de Química Verde adquiridos durante o aprendizado, e também puderam promover a conscientização sobre a prática de reutilização de materiais em vez de descartá-los.

## Conclusão

O estudo sobre a Química Verde abrange uma gama de conhecimentos que possibilita ao professor discutir uma série de assuntos, além dos doze princípios, como os indicadores de impacto ambiental e o desenvolvimento de práticas sustentáveis.

Além disso, percebemos que esses assuntos podem ser tratados regularmente nas disciplinas mesmo que não façam parte do conteúdo programático, bem como os conteúdos específicos das disciplinas podem ser abordados com o enfoque na Química Verde. Na etapa de experimentação, por exemplo, os estudantes revisaram conceitos químicos vistos anteriormente em sala de aula e foram capazes de estabelecer um vínculo direto com o que lhes foi apresentado sobre a temática Verde.

Sendo assim, podemos Inferir que o processo de ensino-aprendizagem é essencial para o desenvolvimento da conscientização dos discentes sobre suas responsabilidades enquanto atores sociais. No entanto, entendemos que sua efetividade está diretamente relacionada à aplicação de uma abordagem de ensino que promova discussões e questionamentos, no sentido de construir o conhecimento necessário para a alfabetização científica e tecnológica. Por isso, destaca-se que neste trabalho o uso da abordagem CTS foi um diferencial, pois corroborou com a formação mais crítica dos alunos, que pode ser percebida durante a construção coletiva do projeto.

Em relação à etapa da avaliação da verdura química, podemos ressaltar que o uso das métricas holísticas foi fundamental para a melhor compreensão dos estudantes sobre a escolha de experimentos mais verdes. À medida que as matrizes foram construídas, os conceitos foram esclarecidos e os alunos conseguiram identificar, a partir dos pontos fracos de cada uma, os princípios que não estavam sendo cumpridos, entendendo que é possível promover modificações ou fazer escolhas que tornem os processos químicos mais verdes.

Levando em consideração que os conceitos de Química Verde costumam ser trabalhados majoritariamente no Ensino Superior, notamos que este trabalho possibilitou a inserção do tema no Ensino Médio, mostrando sua viabilidade e pertinência cada vez mais cedo nas escolas. Portanto, esta é uma prática que pode promover a formação não só de profissionais da área, mas também de indivíduos mais críticos e conscientes, capazes de tomar decisões mais coerentes perante o mundo que os cerca.

## Referências

ANASTAS, P.T.; WARNER J.C. **Green chemistry:** theory and practice. Oxford: university press, 1998.

ANASTAS, P.T.; KIRCHHOFF, M.M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Acc. Chem. Res**, v. 35, n. 9, 686-694, 2002.

CALVO-FLORES, F.G. Sustainable chemistry metrics. **ChemSusChem**, v. 2, p. 905-919, 2009.

CUTCLIFFE, S.H. **Ideas, máquinas y valores: los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Barcelona: Anthropos Editorial, 2003.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P.I.C.; MERÇON, F. Corantes Naturais: extração e emprego como indicadores de pH. **Química Nova na Escola**, v. 12, p. 27-31, 2003.

**Química verde no Brasil: 2010-2030** - Ed. rev. e atual. - Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, C.; CONSTABLE, D.J.C.; PONDER, C.S. Evaluating the “greenness” of chemical processes and products in the pharmaceutical industry – a green metrics primer. **Chem. Soc. Rev.**, v. 41, p. 1485-1498, 2012.

LIN, D.; HANSCOM, L.; MURTHY, A.; GALLI, A.; EVANS, M.; NEILL, E.; MANCINI, M.S.; MARTINDILL, J.; MEDOUAR, F.Z.; HUANG, S.; WACKERNAGEL, M. Ecological footprint accounting for countries: updates and results of the national footprint accounts, 2012-2018. **Resources**, v. 7, n. 58, p. 1-22, 2018.

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

Relatório de Brundlant. Our Common Future, 1987. Disponível em: <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

REES, W.E.; WACKERNAGEL, M. The shoe fits, but the footprint is larger than Earth. **PloS Biology**, v.11, n. 11, p.1-3, 2013.

RIBEIRO, M.G.T.C.; MACHADO, A.A.S.C. Novas métricas holísticas para avaliação da verduza de reações de síntese em laboratório. **Química Nova**, v. 35, 9, p.1879-1883, 2012.

\_\_\_\_\_. Holistic metrics for assessment of the greenness of chemical reactions in the context of chemical education. **Journal of Chemical Education**, v. 90, p. 432-439, 2013.

RIBEIRO, M.G.T.C.; COSTA, D.A.; MACHADO, A.A.S.C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da verduza de reações laboratoriais – “Estrela Verde”. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 759-764, 2010.

RUIZ-MERCADO, G.J.; SMITH, R. L.; GONZALEZ, M. A. Sustainability indicators for chemical processes: I – Taxonomy. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 51, p. 2309-2328, 2012.

SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v.2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SUMMERTON, L.; HUNT, A.J.; CLARK, J.H. Green chemistry for postgraduates. **Educación Química**, v. 24, p.150-155, 2013.

THAYER, A.M. Pharma strives for green goals. **Chem. Eng. News**, v. 90, n. 22, p. 20-24, 2012.

VILCHES, A.; PEREZ, G.D. Educación para la sostenibilidad y educación ambiental. **Investigación em la Escuela**, v. 71, p. 5-15, 2010.

VOGEL, A. I. **Análise Orgânica Qualitativa**. Londres: Ed. Longmans, Green e Co, 1966, vol. 2.

WATSON, W.J.W. How do the fine chemical, pharmaceutical, and related industries approach green chemistry and sustainability? **Green Chem.**, v. 14, p. 251-259, 2012.

## Sobre os autores

### Juliana Barreto Brandão

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal Fluminense (2007) e mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal Fluminense (2015). Atualmente é professora efetiva do CEFET/RJ e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação pelo CEFET/RJ.

E-mail: profjulianabrandao@gmail.com

### Júlia Damazio Bouzon

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2012) e mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal Fluminense (2015). Atualmente é professora efetiva do Colégio Pedro II e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação pelo CEFET/RJ.

E-mail: juliabouzon@gmail.com

### Suyane David Sá de Alvarenga

Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas pelo Instituto de Química da UFRJ. Mestre e Doutora em Ciências pelo programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Química da UFRJ, com ênfase na área de fotoquímica e petróleo. Atualmente é professora do quadro permanente do CEFET/RJ, campus Maracanã.

E-mail: suyanealvarenga@gmail.com

### Álvaro Chrispino

Doutor (2001) e Mestre em Educação (1992) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui Pós-doutorado em Administração Pública pela FGV/EBAPE. Professor Titular (CEFET/RJ), atuando na pós-graduação desde 2003. Secretário Municipal de Planejamento de Teresópolis/RJ (2019). Participa de projetos de pesquisa internacionais e lidera grupo de pesquisa/CNPq CTS e Educação.

E-mail: alvarochrispino@gmail.com

## STUDY ABOUT GREEN CHEMISTRY SUBJECTS IN A HIGH SCHOOL AND SECONDARY TECHNICAL SCHOOL

### Abstract

Green Chemistry can be defined as a set of principles that result in cleaner chemical processes and their concepts have been widely studied in Teaching areas. So, this paper shows the results of a scientific initiation project developed by High School students in which Green Chemistry concepts were studied in STS perspective. The project was organized in four steps: theoretical foundation, in which the students noticed the relation between their everyday attitudes and the environmental impacts; thematic discussion about ecological footprints and life cycle assessment; greenness assessment of two experimental procedures and, lastly, tech expo where the students shared their knowledge acquired. Thus, this work contributed to insert the theme sooner in High School, showing its viability and relevance in schools.

**KEYWORDS:** green chemistry, high school, sts approach

## ESTUDIO SOBRE LOS CONCEPTOS DE QUÍMICA VERDE EN UNA ESCUELA SECUNDARIA Y TÉCNICA INTEGRADA

### Resumen

La Química Verde puede ser definida como un conjunto de principios que practicados resultan en procesos químicos más limpios y sus conceptos han sido bastante abordados en el área de enseñanza. Así que, este trabajo presenta los resultados de un proyecto de iniciación científica desarrollado por alumnos de una escuela pública de enseñanza secundaria y educación técnica integrada, donde han sido estudiados conceptos de la Química Verde en la perspectiva CTS. El proyecto se organizó en cuatro etapas: fundamentación teórica, donde los estudiantes percibieron la relación entre sus actitudes cotidianas y los impactos ocasionados al medio ambiente; debate temático sobre las huellas/pisadas ecológicas y evaluación del ciclo de vida; evaluación de dos procedimientos experimentales utilizando los principios de la Química Verde y, por fin, exposición tecnológica, cuyos alumnos compartieron los conocimientos estudiados. De esta forma, este trabajo contribuyó para inserción del tema en la enseñanza secundaria, exponiendo su viabilidad y pertinencia cada vez más temprano en las escuelas.

**Palabras clave:** química verde, escuela secundaria, enfoque cts