

AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO DOS ESTUDANTES SOBRE OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE (ASK-GCP)

Jaelson Marques Martins¹, Carlos Alberto da Silva Júnior².

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus Sousa, Paraíba, Brasil.

¹jaelson.martins@academico.ifpb.edu.br ²carlos.alberto@ifpb.edu.br

Palavras-Chave: Avaliação; Educação Ambiental; Química Verde.

Introdução

A Química Verde (QV) envolve o *design* de produtos e processos químicos que minimizem ou, idealmente, eliminem, o uso e a geração de substâncias nocivas ao ser humano e ao ambiente (ANASTAS; WARNER, 2000; LENARDÃO et al., 2003; SOUSA et al., 2020). Fundamenta-se em 12 princípios, os quais foram estabelecidos por Paul T. Anastas e John C. Warner (ANASTAS; WARNER, 2000). Tais diretrizes servem como guia para a implementação de práticas mais sustentáveis e seguras na Química.

O Ensino de Química Verde (EQV) é considerado um campo interdisciplinar (MARCELINO; MARQUES, 2023; PASCHALIDOU; SALTA; KOULOGLIOTIS, 2022; SOUSA et al., 2020; DA SILVA JÚNIOR et al., 2022; 2023; 2024). Nos últimos anos, o EQV tem se disseminado globalmente (BASTIN; DICKS, 2023; SANDRI; SANTIN FILHO, 2019), especialmente após a QV ter sido reconhecida internacionalmente como uma disciplina (MANAHAN, 2012).

No Brasil, a QV destaca-se como um campo emergente e promissor, impulsionado pela crescente demanda por práticas sustentáveis e pela necessidade de promover a alfabetização científica sustentável das novas gerações (ANDRADE; ZUIN, 2023). Entretanto, uma análise realizada por Vaz, Giroto Júnior e Pastre (2024) revelou que, das 370 instituições brasileiras examinadas, apenas 40 (10,8%) oferecem disciplinas exclusivas para o EQV. Além disso, foram identificadas 59 instituições (15,9%) que, embora não possuam disciplinas específicas em suas matrizes curriculares, abordam a QV de alguma forma em outras disciplinas. A carência de materiais didáticos adequados para o ensino do EQV, com a maioria disponível apenas em inglês, é um fator significativo que contribui para a escassez da abordagem da QV nas aulas de Química.

Conforme um levantamento do Ministério da Educação (MEC), apenas 15% dos professores de inglês da rede pública têm domínio do idioma, o que sugere que o percentual de domínio entre docentes de outras disciplinas, como Química, é ainda menor. Esse cenário evidencia a necessidade de traduzir esses materiais para o português. Em 2022, pesquisadores brasileiros realizaram a tradução da Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável, oferecendo novas abordagens para a tríade ensino, pesquisa e extensão, no contexto do EQV (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022; 2023).

Neste cenário, é possível realizar novas traduções no EQV. Grieger et al. (2022) desenvolveram recentemente um questionário, denominado *Assessment of Student Knowledge of Green Chemistry Principles* (ASK-GCP), com o objetivo de avaliar o conhecimento dos estudantes sobre os princípios da QV (GRIEGER et al. 2022). O ASK-GCP é uma ferramenta valiosa em avaliações no EQV, pois possui 24 perguntas/itens que permitem verificar o

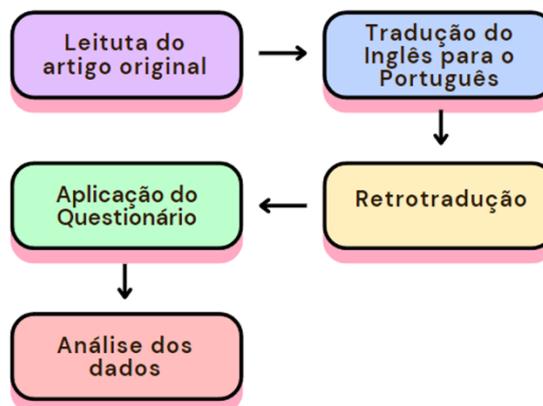
entendimento dos estudantes sobre conceitos fundamentais da QV. Os itens do questionário solicitam que o discente marque “certo” se a afirmação estiver correta, “errado” se estiver incorreta, ou “não sei” se não souber a resposta. Esta abordagem proporciona uma avaliação abrangente e diferenciada do conhecimento dos estudantes, permitindo identificar áreas que necessitam de reforço e aprimoramento.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar a versão em língua portuguesa do ASK-GCP como uma ferramenta avaliativa frente à carência nacional de recursos disponíveis no EQV. Além disso, apresentamos os resultados de sua aplicação em uma turma de licenciandos em Química.

Material e Métodos

A pesquisa realizada é de natureza quali-quantitativa (FIGUEIREDO; SOUZA, 2008). Segundo Souza e Kerbauy (2017), esse tipo de pesquisa combina elementos qualitativos e quantitativos, permitindo a análise de eventos reais por meio da observação de indivíduos em seus ambientes naturais e a sustentação de hipóteses com base em evidências coletadas (SOUZA; KERBAUY, 2017; SOARES, 2019). Adicionalmente, a pesquisa é de caráter exploratório, conforme Gil (2002), cujo objetivo principal é adquirir familiaridade com a temática abordada, possibilitando a formulação de hipóteses e o aprimoramento de ideias. Na Figura 1, observamos as etapas deste estudo.

Figura 1: Etapas realizadas no estudo.



Fonte: Autoria própria (2024)

Primeiramente, foi realizada a leitura do artigo original sobre o questionário ASK-GCP (GRIEGER et al. 2022), seguida pela tradução para o português e, posteriormente, pela retrotradução. A retrotradução foi efetuada para assegurar a precisão e a equivalência das expressões traduzidas. De acordo com Oliveira (2017), a tradução envolve mais do que a simples transferência de um texto de um idioma para outro. É preciso garantir que o conteúdo seja compreensível e fiel ao original. Por sua vez, Coulthard (2013) ressalta que discrepâncias entre a retrotradução e o texto original podem indicar problemas na tradução inicial, os quais são considerados falhas de equivalência.

Por fim, houve a aplicação do ASK-GCP e a análise dos dados. O questionário foi aplicado com 13 alunos do 5º período do curso de Licenciatura em Química de uma universidade federal para validação. Todos aceitaram participar voluntariamente da pesquisa.

Resultados e Discussão

De acordo com Oliveira (2017), o processo de tradução começa com a leitura e compreensão do texto em uma língua estrangeira, e deve assegurar que o significado original seja preservado ao ser transferido para o novo idioma. Como resultados, a Tabela 1 apresenta os enunciados em português da Avaliação do Conhecimento dos Estudantes sobre os Princípios da Química Verde (ASK-GCP).

Tabela 1: Enunciados da Avaliação do Conhecimento dos Estudantes sobre os Princípios da Química Verde (ASK-GCP).

Item	Enunciados	Certo	Errado
1	Uma compreensão da toxicologia e da química ambiental ajuda a projetar produtos químicos mais seguros.	X	
2	Uma reação que tem 100% de rendimento resultará em uma reação com 100% de economia atômica.		X
3	As reações a temperaturas elevadas devem ser priorizadas em relação às reações à temperatura ambiente.		X
4	Produtos químicos altamente tóxicos são os mais eficazes para fins sintéticos.		X
5	A toxicidade relativa dos materiais de partida deve ser considerada ao sintetizar moléculas.	X	
6	Os solventes são escolhidos com base nos requisitos de energia, perfil de toxicidade, segurança e impacto ambiental.	X	
7	A remoção do solvente de uma reação é um processo que consome energia.	X	
8	Os combustíveis fósseis são uma matéria-prima renovável.		X
9	A porcentagem de economia de átomos é calculada usando a massa molecular do produto desejado e as massas moleculares de todos os reagentes de partida.	X	
10	Os grupos de proteção adicionam etapas extras a uma síntese, que por sua vez produz mais resíduos.	X	
11	A redução da exposição aos perigos é a melhor forma de minimizar os acidentes.	X	
12	O reagente catalítico ideal é usado em uma proporção molar de 1:1 com o reagente.		X
13	Projetar reações com menos subprodutos é um bom método de prevenção de desperdício.	X	
14	O etanol derivado da cana-de-açúcar é um exemplo de produto químico da biomassa.	X	
15	Entre os diferentes componentes de uma mistura de reação, os solventes têm o menor impacto ambiental na síntese industrial		X
16	Monitorar o progresso de uma reação por métodos analíticos é usado para medir o rendimento.		X
17	O fator ambiental é igual à massa de resíduos produzidos em um processo químico.		X
18	Ao projetar uma síntese, o uso de equipamentos de proteção individual é suficiente para controlar a exposição a riscos.		X
19	O monitoramento em tempo real do processo ajuda a evitar incidentes causados por reações colaterais.	X	
20	Os produtos químicos altamente reativos reagem seletivamente com os alvos pretendidos e não afetam outros alvos biológicos e ecológicos.		X
21	Uma desvantagem das enzimas é que elas sofrem de baixa seletividade, produzindo assim mais derivados.		X
22	Um catalisador reduz a energia de ativação, o que permite tempos de reação reduzidos.	X	
23	Compreender o mecanismo de degradação auxilia na concepção de compostos biodegradáveis.	X	
24	Compostos orgânicos contendo cloro são facilmente decompostos.		X

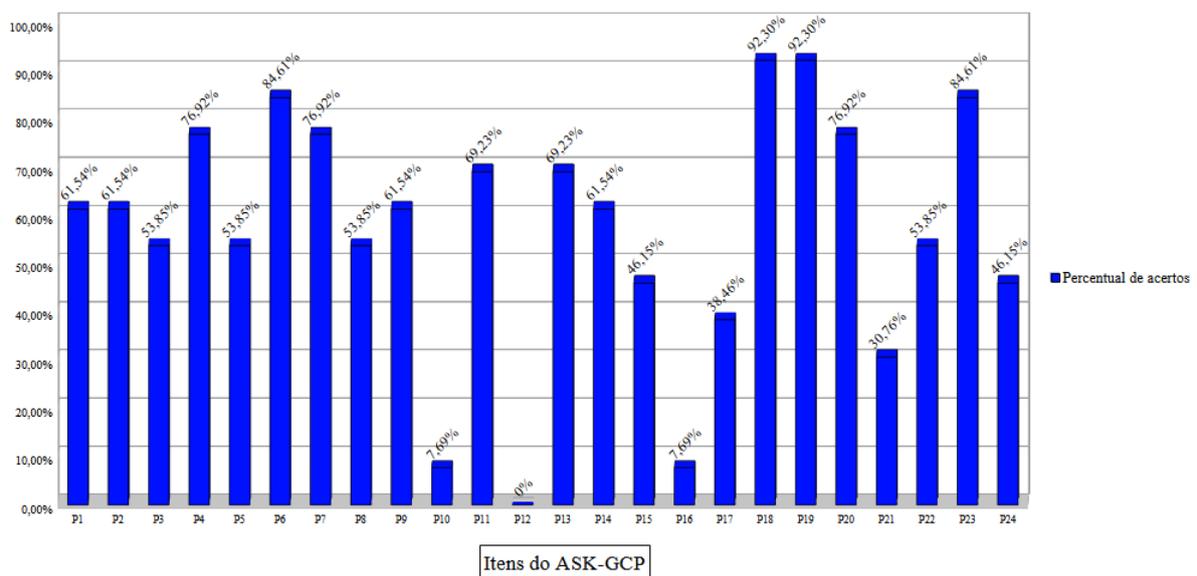
Fonte: Adaptado de Grieger et al. (2022).

Durante a tradução do questionário, foi necessário realizar adaptações em dois itens para assegurar a precisão e relevância do conteúdo para o contexto brasileiro. Por exemplo, no item

14, o texto original mencionava o etanol derivado do milho (GRIEGER et al. 2022), enquanto no Brasil o etanol é predominantemente derivado da cana-de-açúcar (DA SILVA JÚNIOR et al., 2024). Em função dessa diferença, as palavras foram ajustadas para refletir a realidade nacional. Oliveira (2017) destaca que a tradução não se limita à simples transferência de termos entre idiomas. É preciso garantir que o significado seja preservado e compreensível no novo contexto. Portanto, é essencial que o tradutor leve em consideração os aspectos culturais, sociais e ideológicos do público-alvo.

Como mencionado na metodologia, a validação do questionário traduzido foi realizada com licenciandos em Química, indicando o potencial desse recurso na formação de professores. Na Figura 2, observamos as porcentagens de acerto por item após a aplicação do questionário. Em média, os estudantes obtiveram um percentual de acerto de 56,73%.

Figura 2: Porcentagem de acertos por itens do ASK-GCP.



Fonte: Autoria própria (2024)

A análise dos resultados revela que a maioria dos itens apresentou percentuais de acerto superiores a 50%. Destacam-se o item 18, que aborda o princípio de número 12 da QV, a saber “Química Segura”, e o item 19, que trata do 11º princípio, “Análise em tempo real para prevenção”, ambos com percentuais de acerto de 92,30%. Esses resultados indicam um bom nível de familiaridade dos estudantes com esses conceitos.

Entretanto, os itens 10, 12 e 16 apresentaram os menores percentuais de acerto. O item 10, que aborda o terceiro princípio da QV, “Síntese segura”, e o item 16, referente ao primeiro princípio da QV, “Prevenção”, obtiveram um percentual de acerto de apenas 7,69%. Isso evidencia a necessidade de uma abordagem mais contextualizada dessa temática nas aulas para melhorar a compreensão da turma. Por sua vez, o item 12, que trata do nono princípio da QV, “Catálise”, obteve um percentual de acerto de 0%, indicando que nenhum aluno acertou esse item. Este dado sublinha a necessidade de reforçar o ensino sobre e para QV em aulas teóricas e práticas nos cursos de formação de professores.

Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo a tradução, do inglês para o português, dos enunciados da Avaliação do Conhecimento dos Estudantes sobre os Princípios da Química Verde (do inglês: *Assessment of Student Knowledge of Green Chemistry Principles - ASK-GCP*) com o intuito de disponibilizar nacionalmente um material didático para o EQV. Além disso, o questionário foi validado por meio de sua aplicação em uma turma de 13 licenciandos em Química de uma universidade federal. A aplicação do ASK-GCP possibilitou a avaliação do nível de conhecimento dos alunos em relação aos 12 princípios da QV. A análise dos dados coletados permitiu identificar áreas que requerem maior atenção e sugerir estratégias para ampliar o entendimento dos licenciandos sobre e para a QV.

Agradecimentos

Ao IFPB, ao Green Maker Lab - Grupo de Pesquisa e Inovação em Química Verde e à FAPESQ pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao estudante pesquisador J.M.M.

Referências

- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 2000.
- ANDRADE, R. DA S.; ZUIN, V. G. A Alfabetização Científica em Química Verde e Sustentável. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 7, 2023.
- BASTIN, L. D.; DICKS, A. P. Advances in green chemistry education. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 16, n. 1, p. 101–101, 2023.
- COULTHARD, R. J.; Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2013.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Química Verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o Desenvolvimento Sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 1010–1019, 2022.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Challenges and successes: online and inclusive teaching of green chemistry in Brazil in the time of Covid-19. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 12, p. 106–118, 2022.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. A Tabela Periódica da Química Verde e Sustentável na Perspectiva da Formação de Professores de Química: O que, como e por que ensinar? In: SANDRI, M. C. M.; MARQUES, C. A.; MARCELINO, L. V.; MAGALHÃES, C. G. **Química Verde: Propostas, Experiências de Ensino e Reflexões para a Formação de Professores**. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2023. p. 97–127.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável (TPQVS): Tradução para a língua portuguesa do Brasil. Em: Anais do(a) Anais do 21 Encontro Nacional de Ensino de Química, 8., 2023, Recife, Brasil. [...]. Recife, Brasil: Even3, 2023.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. The Role of the Periodic Table of the Elements of Green and Sustainable Chemistry in a High School Educational Context. **Sustainability**, v. 16, n. 6, p. 2504, 2024.
- FIGUEIREDO, A. M., SOUZA, S. R. G. Como elaborar Projetos, Monografias, Dissertações e Teses: da Redação Científica à Apresentação do Texto Final. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ªed. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

GRIEGER, K. et al. Development of the Assessment of Student Knowledge of Green Chemistry Principles (ASK-GCP). **Chemistry Education Research and Practice**, v. 23, n. 3, p. 531–544, 2022.

LENARDÃO, E. J. et al. “Green chemistry” - Os 12 princípios da Química Verde e sua Inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123–129, 2003.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MARCELINO, L. V.; MARQUES, C. A. A Pesquisa em Ensino de Química Verde: temas e tipologias de estudos. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 19, n. 42, p. 232–254, 2023.

OLIVEIRA, C. L. A Importância da Tradução: Reflexões sobre o Papel do Tradutor. **Communitas**, v. 1, n. 1, p. 351–356, 2017.

PASCHALIDOU, K.; SALTA, K.; KOULOUGLIOTIS, D. Exploring the Connections between Systems Thinking and Green Chemistry in the Context of Chemistry Education: A scoping review. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 29, n. May, p. 100788, 2022.

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Os Modelos de abordagem da Química Verde no Ensino de Química. **Educación Química**, v. 30, n. 4, p. 34, 2019.

SOARES, S. DE JESUS. Pesquisa Científica: Uma Abordagem Sobre o Método Qualitativo. **Revista Ciranda**, v. 1, n.3, p. 168-180, 2019.

SOUSA, A. C. et al. **Química Verde para a Sustentabilidade: natureza, objetivos e aplicação prática**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2020.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem Quanti-qualitativa: Superação da Dicotomia Quantitativa-qualitativa na Pesquisa em Educação. **Educação e Filosofia**. v. 31, n. 61, p. 21-44, 2017.

VAZ, C. R. S.; GIROTTO JÚNIOR, G.; PASTRE, J. C. A adoção de Química Verde no Ensino Superior Brasileiro. **Química Nova**. v. 43, n. 3, p. 1-10, 2024.