

O uso de modelos didáticos no ensino de química orgânica: facilitando a aprendizagem por meio da visualização dos conceitos.

The use of didactic models in organic chemistry education: facilitating learning through the visualization of concepts.

El uso de modelos didácticos en la enseñanza de la química orgánica: facilitando el aprendizaje mediante la visualización de los conceptos.

Francilene Muniz¹
Francenilce Lopes da Silva²
Ana Mara Oliveira da Silva³
Sandra Barbosa de Sousa⁴
Pollianna Almeida da Silva⁵
Átila de Souza⁶

Resumo

A Química Orgânica é considerada uma das áreas de maior complexidade no ensino de Química devido ao elevado nível de abstração de seus conceitos e à necessidade de compreender estruturas moleculares e diferentes formas de representação química. Nesse contexto, os modelos didáticos têm sido apontados como importantes recursos pedagógicos para favorecer a visualização de conceitos abstratos e promover uma aprendizagem mais significativa. O presente estudo teve como objetivo analisar as contribuições dos modelos didáticos para o ensino e a aprendizagem de Química Orgânica, com ênfase no papel da visualização e das representações químicas na construção do conhecimento.

¹ Mestrada em Ciências da Educação, Universidad de Internacional Trê Fronteiras, Asunción, Paraguay. E-mail: francilene1969@hotmail.com

² Doutoranda em ciências da Educação, Universidad de la Integración de Las Américas (UNIDA), Asunción, Paraguay. E-mail: francenilce.silva@prof.am.gov.br

³ Mestre em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM). E-mail: ana_chemister@hotmail.com

⁴ Doutora em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM). E-mail: sanbsousa@gmail.com

⁵ Especialista em Metodologia do Ensino de Ciências Biológicas, Centro Universitário Leonardo da Vinci. E-mail: g.ully@hotmail.com

⁶ Doutor em Ciências da Educação, Universidad de la Integración de Las Américas (UNIDA), Asunción, Paraguay. E-mail: atilabio@hotmail.com

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica, desenvolvida por meio de uma revisão integrativa da literatura. O levantamento foi realizado nas bases Google Scholar, SciELO, Portal de Periódicos CAPES e ERIC, considerando principalmente publicações entre 2020 e 2025, além de obras clássicas da área. Os resultados evidenciaram que os modelos didáticos favorecem a compreensão das estruturas moleculares, o desenvolvimento da competência representacional, a visualização espacial das moléculas e a articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico. Também foi constatado que esses recursos estimulam a participação ativa dos estudantes, fortalecem a aprendizagem significativa e ampliam as possibilidades de inclusão no ensino de Química. Conclui-se que os modelos didáticos constituem importantes instrumentos de mediação pedagógica, desde que sua utilização esteja articulada ao planejamento docente e aos objetivos de aprendizagem, contribuindo para um ensino de Química Orgânica mais dinâmico, contextualizado e significativo.

Palavras-chave: Ensino de Química Orgânica; Modelos didáticos; Representações químicas; Visualização; Aprendizagem significativa.

Abstract

Organic Chemistry is considered one of the most challenging areas in Chemistry education due to the high level of abstraction of its concepts and the need to understand molecular structures and different forms of chemical representation. In this context, didactic models have been recognized as important pedagogical resources to support the visualization of abstract concepts and promote meaningful learning. This study aimed to analyze the contributions of didactic models to the teaching and learning of Organic Chemistry, emphasizing the role of visualization and chemical representations in knowledge construction. This is a qualitative bibliographic study developed through an integrative literature review. The search was conducted in Google Scholar, SciELO, CAPES Periodicals Portal, and ERIC, considering mainly publications from 2020 to 2025, in addition to classical works in the field. The findings indicate that didactic models enhance the understanding of molecular structures, the development of representational competence, spatial visualization, and the integration of macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels of chemical knowledge. Furthermore, these resources encourage active student participation, strengthen meaningful learning, and contribute to more inclusive Chemistry education. It is concluded that didactic models are valuable pedagogical mediation tools when integrated into instructional planning and aligned with learning objectives, contributing to a more dynamic, contextualized, and meaningful Organic Chemistry teaching process.

Keywords: Organic Chemistry Teaching; Didactic Models; Chemical Representations; Visualization; Meaningful Learning.

Resumen

La Química Orgánica es considerada una de las áreas de mayor complejidad en la enseñanza de la Química debido al elevado nivel de abstracción de sus conceptos y a la necesidad de comprender estructuras moleculares y diferentes formas de representación química. En este contexto, los modelos didácticos se han destacado como importantes recursos pedagógicos para favorecer la visualización de conceptos abstractos y promover un aprendizaje más significativo. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las contribuciones de los modelos didácticos para la enseñanza y el aprendizaje de la Química Orgánica, con énfasis en el papel de la visualización y de las representaciones químicas en la construcción del conocimiento. Se trata de una investigación cualitativa, de carácter bibliográfico, desarrollada mediante una revisión integradora de la literatura. La búsqueda se realizó en Google Scholar, SciELO, Portal de Periódicos CAPES y ERIC, considerando principalmente publicaciones entre 2020 y 2025, además de obras clásicas del área. Los resultados evidenciaron que los modelos didácticos favorecen la comprensión de las estructuras moleculares, el desarrollo de la competencia representacional, la visualización espacial de las moléculas y la articulación entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico del conocimiento químico. Asimismo, estos recursos estimulan la participación activa de los estudiantes, fortalecen el aprendizaje significativo y amplían las posibilidades de una educación química más inclusiva. Se concluye que los modelos didácticos constituyen importantes instrumentos de mediación pedagógica cuando su utilización se integra a la planificación docente y a los objetivos de aprendizaje, contribuyendo a una enseñanza de la Química Orgánica más dinámica, contextualizada y significativa.

Palabras clave: Enseñanza de Química Orgánica; Modelos didácticos; Representaciones químicas; Visualización; Aprendizaje significativo.

INTRODUÇÃO

A Química Orgânica constitui um dos conteúdos mais relevantes e, ao mesmo tempo, mais desafiadores no ensino de Química, uma vez que envolve a compreensão de estruturas moleculares, ligações químicas, isomeria e propriedades das substâncias orgânicas, conceitos que exigem elevado nível de abstração por parte dos estudantes. Diferentemente de fenômenos diretamente observáveis, grande parte desses conteúdos depende da interpretação de representações simbólicas e estruturais que descrevem entidades invisíveis ao olhar humano. Nesse contexto, compreender Química implica estabelecer relações entre diferentes formas de representação e os fenômenos que elas procuram explicar (JOHNSTONE, 1991; GABEL, 1993).

Diversos estudos apontam que uma das principais dificuldades na aprendizagem da Química está relacionada à capacidade de interpretar e articular os diferentes níveis de representação do conhecimento químico. Na Química Orgânica, essa dificuldade torna-se ainda mais evidente devido à necessidade de visualizar estruturas tridimensionais, reconhecer a organização espacial das moléculas e compreender como essas características influenciam suas propriedades e reações (KOZMA; RUSSELL, 1997; TALANQUER, 2011). Como consequência, muitos estudantes apresentam dificuldades na construção de conceitos fundamentais, comprometendo a aprendizagem de conteúdos mais complexos.

Nesse cenário, a utilização de recursos pedagógicos que favoreçam a visualização das estruturas moleculares tem sido apontada como uma estratégia capaz de tornar os conceitos químicos mais concretos e acessíveis. Entre esses recursos, destacam-se os modelos didáticos, que possibilitam representar, manipular e explorar diferentes aspectos das moléculas, contribuindo para a compreensão das relações entre estrutura, propriedades e comportamento químico. Quando articulados à mediação docente e às diferentes formas de representação, esses modelos podem favorecer a construção de aprendizagens mais significativas e o desenvolvimento da competência representacional dos estudantes (KEINER; GRAULICH, 2020; POPOVA; JONES, 2021).

Apesar do crescente interesse pelo uso de modelos didáticos no ensino de Química, observa-se que ainda são necessários estudos que sistematizem as evidências disponíveis sobre suas contribuições específicas para a aprendizagem da Química Orgânica, especialmente no que se refere à visualização das estruturas moleculares e à compreensão das representações químicas. Assim, o problema de pesquisa que orienta este estudo consiste em responder à seguinte questão: de que maneira o uso de modelos didáticos pode contribuir para a aprendizagem de conceitos de Química Orgânica, especialmente por meio da visualização e da compreensão das representações químicas?

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é analisar, por meio de uma revisão de literatura, as contribuições dos modelos didáticos para o ensino e a aprendizagem de Química Orgânica, com ênfase no papel da visualização e das representações químicas na construção do conhecimento. Espera-se que os resultados contribuam para ampliar as discussões sobre estratégias metodológicas capazes de tornar o ensino de Química mais significativo, favorecendo a compreensão de conceitos abstratos e subsidiando práticas pedagógicas inovadoras.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza básica e objetivo descritivo-exploratório, desenvolvida por meio de uma revisão integrativa da literatura. Esse tipo de revisão possibilita reunir, analisar e sintetizar resultados de pesquisas sobre uma temática específica, contribuindo para a compreensão do estado do conhecimento e para a identificação de lacunas que possam subsidiar novas investigações (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

A revisão foi conduzida em seis etapas: (i) definição da temática e da questão norteadora; (ii) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos; (iii) busca nas bases de dados selecionadas; (iv) leitura e seleção das publicações; (v) organização e análise das informações obtidas; e (vi) síntese e discussão dos resultados.

A questão norteadora da pesquisa foi: de que maneira o uso de modelos didáticos contribui para a aprendizagem de Química Orgânica, especialmente por meio da visualização e da compreensão das representações químicas?

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados Google Scholar, SciELO, Portal de Periódicos CAPES e ERIC (Education Resources Information Center), por reunirem publicações relevantes nas áreas de Educação, Ensino de Ciências e Ensino de Química. Complementarmente, foram consultados livros clássicos e artigos de referência sobre modelos didáticos, representações químicas e aprendizagem em Química, visando consolidar a fundamentação teórica.

Para a busca dos estudos, utilizaram-se os descritores em português e inglês, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, entre eles: *modelos didáticos, ensino de Química Orgânica, visualização molecular, representações químicas, aprendizagem em Química, didactic models, organic chemistry teaching, chemical representations e molecular visualization.*

Como critérios de inclusão, foram considerados: artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares, livros e capítulos de livros de reconhecida relevância, trabalhos publicados preferencialmente entre 2020 e 2025, disponíveis na íntegra e relacionados ao uso de modelos didáticos, visualização e representações químicas no ensino de Química. Também foram incluídas obras clássicas consideradas fundamentais para a compreensão do referencial teórico, especialmente aquelas relacionadas à aprendizagem, às representações químicas e à modelagem no ensino de Ciências.

Foram excluídas publicações duplicadas, resumos simples, trabalhos sem acesso ao texto completo, estudos que abordavam exclusivamente conteúdos de outras áreas das Ciências Naturais ou que não apresentavam relação direta com o ensino de Química Orgânica e com o objeto desta investigação.

Após a seleção, os estudos foram submetidos à leitura integral e organizados em categorias temáticas definidas a partir dos objetivos da pesquisa, contemplando: (a) desafios da aprendizagem em Química Orgânica; (b) visualização e representações químicas; (c) utilização de modelos didáticos no ensino; e (d)

contribuições dos modelos didáticos para a aprendizagem. A análise ocorreu por meio da técnica de análise temática, buscando identificar convergências, divergências e lacunas presentes na literatura.

A síntese dos estudos permitiu compreender como os modelos didáticos têm sido utilizados no ensino de Química Orgânica e quais evidências científicas sustentam sua contribuição para a visualização das estruturas moleculares, para o desenvolvimento da competência representacional e para a aprendizagem significativa dos estudantes.

O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA E OS DESAFIOS DA APRENDIZAGEM

A Química Orgânica ocupa posição de destaque no currículo da Educação Básica e do Ensino Superior por abordar o estudo dos compostos de carbono e suas inúmeras aplicações nos campos da saúde, da indústria, da biotecnologia, da agricultura e do meio ambiente. Apesar de sua relevância científica e social, trata-se de uma das áreas da Química que apresenta maiores índices de dificuldade de aprendizagem, principalmente devido ao elevado grau de abstração dos conceitos, à complexidade das representações moleculares e à necessidade de estabelecer relações entre estrutura, propriedades e reatividade das substâncias (SOLOMONS; FRYHLE; SNYDER, 2018).

Grande parte dessas dificuldades decorre da natureza do conhecimento químico. Segundo Johnstone (1991), a aprendizagem em Química exige que o estudante articule três níveis de representação: o macroscópico, relacionado aos fenômenos observáveis; o submicroscópico, correspondente às partículas que constituem a matéria; e o simbólico, expresso por fórmulas, equações e demais linguagens específicas da Química. A compreensão efetiva dos conceitos depende da integração desses três níveis, tarefa que frequentemente representa um desafio para estudantes em diferentes etapas da escolarização.

No ensino de Química Orgânica, essa complexidade é ampliada pela necessidade de compreender a organização tridimensional das moléculas e interpretar diferentes formas de representação estrutural. Kozma e Russell (1997) afirmam que o

conhecimento químico é construído por meio de sistemas representacionais específicos, sendo indispensável que os estudantes desenvolvam competências para interpretar, relacionar e utilizar essas representações na resolução de problemas e na explicação de fenômenos. Quando essa competência não é desenvolvida, é comum que a aprendizagem se restrinja à memorização de nomenclaturas, fórmulas e classificações, sem a compreensão dos conceitos que lhes dão significado.

Nesse contexto, Talanquer (2011) destaca que ensinar Química envolve promover formas de raciocínio próprias dessa ciência, favorecendo a construção de modelos explicativos capazes de relacionar evidências experimentais, representações e interpretações conceituais. Dessa forma, o ensino não deve estar centrado apenas na transmissão de informações, mas na criação de situações que estimulem a análise, a interpretação e a elaboração de explicações fundamentadas cientificamente.

Outro aspecto amplamente discutido na literatura refere-se à predominância de metodologias tradicionais, caracterizadas pela exposição oral, resolução mecânica de exercícios e valorização da memorização de conteúdos. Embora essas estratégias possam contribuir para a sistematização de determinados conhecimentos, mostram-se insuficientes para promover a compreensão de conceitos abstratos, especialmente aqueles relacionados à visualização espacial das moléculas e à interpretação de diferentes representações químicas (POZO; CRESPO, 2009).

Além das dificuldades cognitivas, fatores pedagógicos também influenciam a aprendizagem da Química Orgânica. A limitação de recursos didáticos, a reduzida utilização de atividades experimentais e a escassez de estratégias que favoreçam a participação ativa dos estudantes podem dificultar a construção de conhecimentos significativos. Para Ausubel (2003), a aprendizagem ocorre de maneira mais consistente quando novas informações estabelecem relações com conhecimentos prévios relevantes, permitindo que o estudante atribua significado aos conceitos estudados. Assim, recursos que favoreçam a interação, a manipulação e a visualização das estruturas químicas podem contribuir para esse processo de construção do conhecimento.

Diante desse cenário, pesquisadores têm defendido a incorporação de metodologias ativas e de recursos didáticos capazes de aproximar os conceitos

científicos da realidade dos estudantes. Entre essas estratégias, destacam-se os modelos didáticos, as tecnologias digitais, os softwares de visualização molecular e outros recursos que possibilitam representar estruturas tridimensionais e explorar relações espaciais entre os átomos. Essas abordagens favorecem a participação dos estudantes, estimulam o raciocínio científico e ampliam as possibilidades de compreensão dos conceitos químicos, especialmente na Química Orgânica.

Compreender os desafios inerentes ao ensino dessa área constitui, portanto, um passo fundamental para a adoção de práticas pedagógicas mais eficazes. Nesse contexto, torna-se necessário discutir como a visualização e as diferentes formas de representação do conhecimento químico podem contribuir para superar tais dificuldades, temática que será abordada na seção seguinte.

VISUALIZAÇÃO E REPRESENTAÇÕES QUÍMICAS NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM

A compreensão dos conceitos químicos está diretamente relacionada à capacidade de interpretar e estabelecer relações entre diferentes formas de representação. Diferentemente de outras áreas do conhecimento, a Química busca explicar fenômenos que ocorrem em uma escala microscópica, envolvendo átomos, moléculas, íons e interações que não podem ser observados diretamente. Por essa razão, a aprendizagem depende do uso de representações que permitam descrever, explicar e comunicar esses fenômenos, tornando a visualização um elemento essencial no processo de construção do conhecimento (JOHNSTONE, 1991).

Johnstone (1991) propôs que o conhecimento químico é organizado em três níveis complementares de representação: o macroscópico, correspondente aos fenômenos observáveis; o submicroscópico, relacionado às partículas que constituem a matéria; e o simbólico, representado por fórmulas, equações e demais linguagens específicas da Química. Segundo o autor, uma das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes consiste em estabelecer conexões entre esses níveis, pois a aprendizagem frequentemente ocorre de forma fragmentada, dificultando a compreensão dos conceitos científicos.

Nessa perspectiva, Kozma e Russell (1997) afirmam que as representações químicas não constituem apenas recursos ilustrativos, mas instrumentos cognitivos que possibilitam interpretar fenômenos, elaborar explicações e resolver problemas. Os autores destacam que especialistas utilizam diferentes representações de maneira integrada, enquanto estudantes tendem a interpretá-las de forma isolada, concentrando-se em aspectos superficiais das imagens ou símbolos. Assim, o desenvolvimento da competência representacional torna-se um objetivo fundamental do ensino de Química.

A competência representacional compreende a capacidade de interpretar, construir, selecionar e relacionar diferentes formas de representação utilizadas na comunicação científica (AINSWORTH, 2006). No contexto da Química Orgânica, essa competência envolve compreender que uma mesma molécula pode ser representada por fórmulas moleculares, fórmulas estruturais planas, projeções espaciais, modelos moleculares e representações tridimensionais, sendo cada uma dessas linguagens responsável por evidenciar determinadas características da estrutura química. A dificuldade em compreender essas diferentes representações pode comprometer a aprendizagem de conteúdos como geometria molecular, hibridização, estereoquímica, isomeria e mecanismos de reação.

Talanquer (2011) ressalta que aprender Química significa desenvolver formas específicas de raciocínio científico, nas quais a interpretação de modelos e representações desempenha papel central. Segundo o autor, o ensino deve favorecer situações em que os estudantes sejam capazes de estabelecer relações entre evidências experimentais, modelos explicativos e representações simbólicas, superando práticas baseadas exclusivamente na memorização de conceitos e nomenclaturas.

No ensino de Química Orgânica, a visualização das estruturas moleculares assume papel ainda mais relevante devido à natureza espacial das moléculas. Keiner e Graulich (2020) destacam que muitos estudantes apresentam dificuldades para converter informações entre diferentes representações químicas, especialmente quando precisam interpretar estruturas tridimensionais a partir de representações bidimensionais. Essa limitação interfere diretamente na compreensão de propriedades moleculares e da reatividade química, evidenciando a necessidade de

estratégias didáticas que favoreçam a construção de representações mentais mais consistentes.

Estudos recentes também demonstram que a utilização de múltiplas representações favorece a aprendizagem quando ocorre de forma planejada e articulada. Popova e Jones (2021) argumentam que a competência representacional deve ser desenvolvida de maneira progressiva, permitindo que os estudantes compreendam as potencialidades e limitações de cada forma de representação. Dessa maneira, a visualização deixa de ser apenas um recurso ilustrativo para assumir uma função estruturante na aprendizagem, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento químico e para a compreensão de conceitos abstratos.

Nesse contexto, torna-se evidente que a visualização e as representações químicas constituem elementos indispensáveis para o ensino da Química Orgânica. Entretanto, para que esses recursos efetivamente promovam aprendizagem, é necessário que sejam acompanhados de estratégias pedagógicas que possibilitem a interação dos estudantes com os modelos e favoreçam a construção de significados. Entre essas estratégias, destacam-se os modelos didáticos, cuja utilização será discutida na próxima seção como recurso potencial para facilitar a compreensão das estruturas moleculares e das representações químicas.

MODELOS DIDÁTICOS COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Os modelos didáticos constituem recursos pedagógicos amplamente utilizados no ensino de Ciências por possibilitarem a representação de objetos, estruturas e fenômenos que não podem ser observados diretamente. No ensino de Química, esses modelos assumem papel fundamental ao favorecer a compreensão de conceitos abstratos, permitindo que os estudantes estabeleçam relações entre representações simbólicas, estruturas moleculares e propriedades das substâncias. Mais do que materiais ilustrativos, os modelos configuram instrumentos de mediação do conhecimento, auxiliando na construção de significados e no desenvolvimento do pensamento científico (JUSTI; GILBERT, 2002).

De acordo com Gilbert (2004), os modelos são representações simplificadas da realidade, elaboradas para explicar, descrever ou prever determinados fenômenos científicos. Dessa forma, nenhum modelo representa integralmente o objeto estudado; ao contrário, evidencia apenas os aspectos considerados relevantes para um determinado propósito. Essa compreensão é importante para o ensino de Química, pois permite que o estudante reconheça tanto as potencialidades quanto às limitações de cada modelo utilizado durante o processo de aprendizagem.

No contexto da Química Orgânica, os modelos didáticos apresentam especial relevância devido à natureza tridimensional das moléculas e à complexidade das relações entre estrutura e propriedades químicas. Modelos moleculares de bolas e varetas, modelos de preenchimento espacial, estruturas produzidas com materiais alternativos, recursos digitais e tecnologias de visualização tridimensional possibilitam explorar aspectos como geometria molecular, tipos de ligações, isomeria, conformações e mecanismos de reação. Esses recursos favorecem a percepção das relações espaciais entre os átomos, contribuindo para que os estudantes desenvolvam representações mentais mais consistentes e compreendam conceitos frequentemente considerados abstratos.

Justi (2006) destaca que a construção e a utilização de modelos favorecem uma aprendizagem mais ativa, pois estimulam os estudantes a formular hipóteses, discutir explicações, comparar representações e revisar seus próprios conhecimentos. Nessa perspectiva, o modelo deixa de ser um simples objeto de demonstração para tornar-se um instrumento de investigação e argumentação científica. O processo de elaboração, manipulação e análise dos modelos permite que os estudantes compreendam que o conhecimento científico é construído por meio de representações que podem ser modificadas e aperfeiçoadas à medida que novas evidências são produzidas.

Pesquisas recentes reforçam a contribuição dos modelos didáticos para a aprendizagem da Química Orgânica. Keiner e Graulich (2020) evidenciam que atividades envolvendo diferentes representações moleculares favorecem o desenvolvimento da competência representacional, auxiliando os estudantes a estabelecer conexões entre estruturas bidimensionais e tridimensionais. Da mesma forma, Popova e Jones (2021) ressaltam que a utilização articulada de diferentes

formas de representação amplia a compreensão conceitual e reduz dificuldades relacionadas à interpretação de estruturas químicas complexas.

No cenário brasileiro, estudos também têm destacado a eficácia dos modelos didáticos como estratégia de ensino. Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010) observaram que a manipulação de modelos moleculares favorece a participação dos estudantes, estimula a interação durante as aulas e contribui para a compreensão de conteúdos relacionados à estrutura das moléculas. Mais recentemente, Derossi e Gonçalves (2024) desenvolveram modelos táteis para o ensino de Química Orgânica, demonstrando que recursos manipuláveis podem ampliar a acessibilidade e favorecer a aprendizagem tanto de estudantes com deficiência visual quanto daqueles que apresentam dificuldades na interpretação de representações bidimensionais.

Entretanto, a literatura também enfatiza que a simples utilização de modelos didáticos não garante melhores resultados de aprendizagem. Sua eficácia depende do planejamento das atividades, da mediação realizada pelo professor e da integração entre os modelos e os objetivos de aprendizagem. Conforme Justi e Gilbert (2002), é fundamental que os estudantes sejam incentivados a interpretar criticamente os modelos, compreendendo que eles representam aproximações da realidade e que diferentes modelos podem ser utilizados para explicar um mesmo fenômeno sob perspectivas distintas.

Além disso, a construção dos próprios modelos pelos estudantes tem sido apontada como uma estratégia promissora. Ao elaborar representações das moléculas utilizando materiais de baixo custo, impressão 3D ou kits moleculares, os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento, desenvolvendo habilidades de observação, análise, comunicação e resolução de problemas. Essa abordagem aproxima-se dos pressupostos das metodologias ativas, nas quais o estudante assume papel protagonista na aprendizagem, enquanto o professor atua como mediador do processo educativo.

Dessa forma, a literatura evidencia que os modelos didáticos constituem recursos capazes de favorecer a visualização das estruturas moleculares, fortalecer a competência representacional e tornar a aprendizagem da Química Orgânica mais significativa. Contudo, seus benefícios estão diretamente relacionados à forma como

são incorporados ao planejamento pedagógico e articulados com outras estratégias de ensino. Assim, os modelos não devem ser compreendidos como recursos complementares, mas como instrumentos que potencializam a compreensão de conceitos complexos e contribuem para uma aprendizagem mais contextualizada, participativa e significativa.

EVIDÊNCIAS DA LITERATURA SOBRE O USO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

A literatura nacional e internacional evidencia um crescimento significativo das pesquisas voltadas ao uso de modelos didáticos no ensino de Química, impulsionado pela busca por metodologias que favoreçam a aprendizagem ativa e a compreensão de conceitos abstratos. No ensino de Química Orgânica, esses estudos convergem ao demonstrar que a utilização de modelos físicos, digitais e manipuláveis contribui para reduzir dificuldades relacionadas à visualização das estruturas moleculares e à interpretação das diferentes formas de representação química.

Entre os principais resultados encontrados na literatura destaca-se a melhoria da compreensão das relações entre estrutura molecular e propriedades das substâncias. Estudos mostram que a manipulação de modelos tridimensionais facilita a identificação da geometria das moléculas, da disposição espacial dos átomos e da organização das ligações químicas, favorecendo a compreensão de conteúdos como hibridização, isomeria, estereoquímica e conformações moleculares (KEINER; GRAULICH, 2020). Essas evidências indicam que a interação direta com modelos contribui para o desenvolvimento da visualização espacial, habilidade considerada essencial para a aprendizagem da Química Orgânica.

Outro aspecto recorrente nas pesquisas refere-se ao desenvolvimento da competência representacional. Popova e Jones (2021) destacam que estudantes que trabalham com múltiplas formas de representação apresentam maior facilidade para estabelecer relações entre fórmulas estruturais, modelos moleculares e representações tridimensionais, compreendendo que cada linguagem evidencia aspectos específicos das moléculas. Esse processo favorece a construção de

explicações mais consistentes e reduz interpretações equivocadas decorrentes da análise isolada de representações bidimensionais.

As pesquisas também apontam impactos positivos na motivação e no engajamento dos estudantes. A utilização de modelos didáticos torna as aulas mais interativas, estimulando a participação, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas. Segundo Justi (2006), atividades que envolvem a construção, manipulação e discussão de modelos favorecem a argumentação científica e possibilitam que os estudantes assumam um papel mais ativo na construção do conhecimento, substituindo práticas centradas na memorização por processos investigativos e reflexivos.

No contexto brasileiro, diferentes estudos têm explorado a utilização de materiais alternativos para a construção de modelos moleculares, demonstrando que recursos de baixo custo podem produzir resultados pedagógicos semelhantes aos obtidos com kits comerciais. Essa possibilidade amplia o acesso às atividades práticas em escolas que apresentam limitações de infraestrutura, além de incentivar a criatividade e a contextualização das práticas pedagógicas. Mais recentemente, Derossi e Gonçalves (2024) desenvolveram modelos táteis para o ensino de Química Orgânica, evidenciando sua contribuição para a educação inclusiva e para o fortalecimento da percepção espacial das estruturas moleculares.

Apesar dos resultados favoráveis, a literatura também aponta limitações importantes. Muitos estudos ressaltam que a eficácia dos modelos didáticos depende da mediação do professor e da integração desses recursos ao planejamento pedagógico. Quando utilizados apenas como materiais demonstrativos, sem atividades que promovam reflexão, interpretação e articulação entre diferentes representações químicas, seus efeitos sobre a aprendizagem tendem a ser reduzidos (JUSTI; GILBERT, 2002). Dessa forma, os modelos devem ser compreendidos como instrumentos de mediação didática, cuja potencialidade está associada às estratégias metodológicas adotadas pelo docente.

Outra lacuna identificada refere-se à escassez de pesquisas de longo prazo que avaliem a permanência da aprendizagem após a utilização dos modelos didáticos. A maior parte das investigações concentra-se na análise imediata do

desempenho dos estudantes, havendo poucos estudos que examinem o impacto desses recursos na consolidação dos conhecimentos e na capacidade de transferir os conceitos para novas situações de aprendizagem. Além disso, ainda são reduzidas as pesquisas que investigam o uso integrado de modelos físicos, tecnologias digitais e ambientes virtuais de aprendizagem no ensino de Química Orgânica.

De modo geral, as evidências analisadas indicam que os modelos didáticos representam uma estratégia pedagógica eficaz para favorecer a aprendizagem da Química Orgânica, especialmente por ampliarem a visualização das estruturas moleculares, fortalecerem a competência representacional e estimularem a participação ativa dos estudantes. Entretanto, os benefícios observados dependem da intencionalidade pedagógica, da qualidade da mediação docente e da articulação dos modelos com outras metodologias de ensino. Esses resultados reforçam a necessidade de ampliar pesquisas que investiguem diferentes formas de utilização dos modelos didáticos e sua contribuição para a aprendizagem significativa dos conceitos químicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura evidencia consenso entre os pesquisadores quanto ao potencial dos modelos didáticos para favorecer a aprendizagem de Química Orgânica, especialmente no que se refere à compreensão de conceitos abstratos e ao desenvolvimento da capacidade de interpretar diferentes representações químicas. Os estudos analisados demonstram que a utilização de modelos físicos, digitais e manipuláveis contribui para reduzir dificuldades relacionadas à visualização das estruturas moleculares, promovendo maior aproximação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico, conforme proposto por Johnstone (1991).

Um dos aspectos mais recorrentes nas pesquisas refere-se ao desenvolvimento da visualização espacial. Keiner e Graulich (2020) destacam que estudantes frequentemente apresentam dificuldades para interpretar estruturas tridimensionais representadas em duas dimensões, comprometendo a compreensão de conteúdos como estereoquímica, isomeria, conformações moleculares e mecanismos de reação. Nesse contexto, os modelos didáticos favorecem a percepção da organização espacial

das moléculas, permitindo que os estudantes manipulem as estruturas e estabeleçam relações entre sua forma, suas propriedades e seu comportamento químico.

Outro resultado amplamente observado diz respeito ao fortalecimento da competência representacional. Kozma e Russell (1997) afirmam que aprender Química envolve compreender e transitar entre diferentes sistemas de representação. Os estudos analisados indicam que a utilização de modelos didáticos auxilia os estudantes a estabelecer conexões entre fórmulas moleculares, fórmulas estruturais, representações tridimensionais e modelos concretos, reduzindo interpretações fragmentadas dos conceitos químicos. Da mesma forma, Popova e Jones (2021) ressaltam que a integração de múltiplas representações favorece a construção de explicações mais consistentes e amplia a compreensão conceitual.

A literatura também demonstra que os modelos didáticos promovem maior participação dos estudantes durante as aulas. Diferentemente das metodologias centradas na exposição oral e na memorização de conteúdos, atividades que envolvem a construção, manipulação e análise de modelos favorecem a aprendizagem ativa, estimulando a observação, a argumentação, a resolução de problemas e o trabalho colaborativo. Para Justi (2006), o processo de elaboração e utilização de modelos permite que os estudantes compreendam que o conhecimento científico é construído por meio de representações, desenvolvendo uma postura mais investigativa diante dos fenômenos estudados.

Outro aspecto evidenciado refere-se à possibilidade de utilização de materiais alternativos para a construção de modelos moleculares. Diversos estudos nacionais demonstram que materiais de baixo custo, como esferas de isopor, massa de modelar, palitos de madeira e materiais recicláveis, podem representar adequadamente estruturas químicas e favorecer a aprendizagem, constituindo alternativas viáveis para escolas que apresentam limitações de infraestrutura. Além de reduzir custos, essa estratégia incentiva a criatividade, a participação dos estudantes e a contextualização das práticas pedagógicas.

Nos últimos anos, observa-se também o crescimento de pesquisas envolvendo tecnologias digitais e impressão tridimensional na construção de modelos moleculares. Esses recursos ampliam as possibilidades de visualização e permitem

explorar características estruturais com maior precisão. Entretanto, a literatura evidencia que a eficácia desses recursos não depende exclusivamente da tecnologia empregada, mas da qualidade das estratégias pedagógicas que orientam sua utilização. Nesse sentido, modelos físicos confeccionados com materiais simples podem produzir resultados tão satisfatórios quanto recursos tecnológicos mais sofisticados quando utilizados de forma planejada e articulados aos objetivos de aprendizagem.

Outro aspecto relevante identificado na literatura diz respeito à contribuição dos modelos didáticos para a educação inclusiva. Estudos recentes, como o de Derossi e Gonçalves (2024), demonstram que modelos táteis favorecem a aprendizagem de estudantes com deficiência visual ao possibilitarem a exploração das estruturas moleculares por meio do tato. Além de ampliar a acessibilidade, esses recursos também beneficiam estudantes sem deficiência, pois estimulam diferentes formas de percepção e contribuem para o desenvolvimento da visualização espacial.

Apesar dos resultados positivos, os estudos analisados também apontam limitações importantes. A principal delas refere-se ao entendimento equivocado de que a simples utilização de modelos garante melhorias na aprendizagem. Justi e Gilbert (2002) ressaltam que os modelos didáticos representam apenas simplificações da realidade e, portanto, necessitam de mediação docente para que os estudantes compreendam suas potencialidades e limitações. Quando utilizados apenas como materiais demonstrativos, sem problematização ou articulação com os conceitos científicos, tendem a produzir aprendizagens superficiais.

Outra lacuna identificada refere-se ao número reduzido de pesquisas que investigam os efeitos do uso continuado dos modelos didáticos sobre a aprendizagem em longo prazo. A maior parte dos estudos concentra-se em intervenções pontuais e avaliações imediatas do desempenho dos estudantes, havendo poucas investigações que acompanhem a consolidação dos conhecimentos ao longo do processo formativo. Também são escassos os estudos que analisam a integração entre modelos físicos, tecnologias digitais, realidade aumentada e ambientes virtuais de aprendizagem, indicando um campo promissor para futuras pesquisas.

De maneira geral, os resultados da literatura permitem afirmar que os modelos didáticos constituem importantes mediadores da aprendizagem em Química Orgânica. Sua utilização favorece a visualização das estruturas moleculares, fortalece a competência representacional, amplia o engajamento dos estudantes e contribui para a construção de aprendizagens mais significativas. Contudo, seus benefícios estão diretamente relacionados ao planejamento pedagógico, à mediação docente e à integração com outras estratégias de ensino. Assim, mais do que recursos ilustrativos, os modelos didáticos configuram instrumentos capazes de aproximar os estudantes da linguagem própria da Química, favorecendo a compreensão de conceitos complexos e contribuindo para um ensino mais dinâmico, contextualizado e inclusivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão de literatura, as contribuições dos modelos didáticos para o ensino e a aprendizagem de Química Orgânica, com ênfase no papel da visualização e das representações químicas na construção do conhecimento. A análise das produções científicas evidenciou que os modelos didáticos constituem importantes recursos pedagógicos para minimizar as dificuldades inerentes à aprendizagem de conteúdos abstratos, favorecendo a compreensão das estruturas moleculares, das relações espaciais entre os átomos e da articulação entre os diferentes níveis de representação do conhecimento químico.

Os estudos analisados demonstram que a utilização de modelos físicos, digitais e manipuláveis potencializa a visualização de conceitos complexos, fortalece a competência representacional e estimula a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. Além disso, quando integrados a estratégias pedagógicas bem planejadas e mediados pelo professor, esses recursos favorecem a aprendizagem significativa, promovem a construção de explicações científicas mais consistentes e contribuem para o desenvolvimento do pensamento químico.

A revisão também evidenciou que a eficácia dos modelos didáticos não está associada apenas ao recurso utilizado, mas principalmente à intencionalidade pedagógica que orienta sua aplicação. Dessa forma, sua utilização deve estar

articulada aos objetivos de aprendizagem, às características dos estudantes e às diferentes formas de representação empregadas no ensino da Química. Nessa perspectiva, os modelos didáticos deixam de assumir uma função meramente ilustrativa para constituírem instrumentos de mediação capazes de aproximar conceitos abstratos da realidade dos estudantes, favorecendo práticas pedagógicas mais interativas, contextualizadas e inclusivas.

Embora a literatura apresente evidências consistentes acerca dos benefícios dos modelos didáticos, ainda permanecem desafios relacionados à ampliação de sua utilização no contexto escolar, especialmente em instituições que dispõem de recursos materiais limitados ou que ainda adotam metodologias predominantemente expositivas. Além disso, observa-se a necessidade de fortalecer processos de formação inicial e continuada de professores, de modo que esses profissionais desenvolvam competências para selecionar, construir e utilizar modelos didáticos de forma crítica, contextualizada e alinhada aos objetivos do ensino de Química.

Como limitações da literatura analisada, verificou-se a predominância de estudos voltados para intervenções de curta duração e avaliações imediatas da aprendizagem, havendo escassez de pesquisas que investiguem os efeitos do uso contínuo dos modelos didáticos sobre o desempenho dos estudantes ao longo do tempo. Também são reduzidos os estudos que integram modelos físicos, recursos digitais, realidade aumentada, impressão 3D e ambientes virtuais de aprendizagem, especialmente em contextos da Educação Básica.

Diante desse cenário, recomenda-se que pesquisas futuras investiguem os impactos da utilização contínua dos modelos didáticos na aprendizagem de Química Orgânica em diferentes níveis de ensino, bem como analisem sua integração com tecnologias digitais emergentes e metodologias ativas. Também se mostram relevantes estudos que avaliem a eficácia desses recursos em contextos inclusivos, considerando estudantes com diferentes necessidades educacionais, e investigações que abordem a formação docente para o planejamento e a utilização de modelos didáticos no ensino de Química. Por fim, sugere-se a realização de pesquisas desenvolvidas em diferentes contextos educacionais brasileiros, especialmente em escolas públicas e em regiões com menor disponibilidade de recursos, a fim de

ampliar o conhecimento sobre estratégias pedagógicas que promovam um ensino de Química mais equitativo, significativo e contextualizado.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, Shaaron. DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, v. 16, n. 3, p. 183–198, 2006.
- DEROSSI, A.; GONÇALVES, F. Modelos táteis para o ensino de Química Orgânica. *Revista Insignare Scientia*, Chapecó, 2024.
- GABEL, Dorothy L. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 193–194, 1993.
- GILBERT, John K. Models and modelling: routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 2, n. 2, p. 115–130, 2004.
- JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, n. 2, p. 75–83, 1991.
- JUSTI, Rosária. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 2, p. 173–184, 2006.
- JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369–387, 2002.
- KEINER, Lisa; GRAULICH, Nicole. Supporting students' representational competence in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 21, 2020.
- KOZMA, Russell B.; RUSSELL, Joel. Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 9, p. 949–968, 1997.
- POPOVA, Maria; JONES, Loretta L. Enhancing representational competence in chemistry through multiple external representations: a review. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 22, 2021.
- SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.
- TALANQUER, Vicente. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 2, p. 179–195, 2011.